CAPSULA ESPACIAL

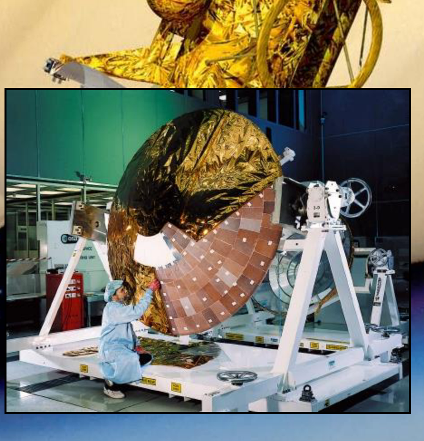


Revista digital de astronáutica y espacio

Nº 64 - 2021



Misión Cassini-Huygens



Orígenes
Instrumentos científicos
Sonda Huygens
Aterrizaje en Titán



Estimados lectores

Bienvenidos a la publicación N° 64 de *Cápsula Espacial*, en esta ocasión viajaremos con la mayor nave espacial que se ha creado en la historia de la astronáutica; enviada al planeta Saturno y en una misión sin precedentes donde luego de hacer varios sobrevuelos por otros planetas del Sistema Solar, llega con objetivos de nuevos y fantásticos descubrimientos observando y estudiando la inigualable belleza de sus anillos, las extrañas superficies de sus lunas, y como valor agregado, el descenso de una pequeña sonda (Huygens) en la luna Titán, que luego de atravesar su densa atmósfera nos mostró un mundo lleno de sorpresas. Los invito a disfrutar de la lectura de una gran historia espacial.

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Muchas gracias

Biagi, Juan

Contacto



https://capsula-espacial.blogspot.com



https://www.instagram.com/capsula_espacial/



r.capsula.espacial@gmail.com

Portada Sonda Huygens ingresando en la atmósfera de Titán luego de separarse de la nave Cassini (D. Ducros)

Contenido

Orígenes

Descripción general de la misión

Orbiter (Orbitador) Cassini

Características técnicas

Fuente de poder

Instrumentos científicos

- **Espectrómetro de Plasma Cassini (CAPS)**
- **Sistema de Ciencia de Imágenes (ISS)**
- **Espectrómetro de Masas de Iones y Neutros (INMS)**
- **Espectrómetro IR Compuesto (CIRS)**
- **Analizador de Polvo Cósmico (CDA)**
- **Magnetómetro de Técnica Dual (MAG)**
- **Espectrómetro de Imágenes UV (UVIS)**
- **Instrumento de Formación de Imágenes Magnetosféricas (MIMI)**
- **Instrumento de Ondas de Radio y Plasma (RPWS)**
- **Sistema de Radiociencia (RSS)**
- **Radar**
- **Espectrómetro de Mapeo Visible e IR (VIMS)**

Sonda Huygens

Objetivos científicos de la sonda Huygens

Pruebas de descenso

Pruebas de rayos

Objetivos científicos de la Sonda Huygens

Instrumentos científicos

- Cromatógrafo de Gases y Espectrómetro de Masas (GCMS)
- Colector y Pirolizador de Aerosoles (ACP)
- Instrumento Óptico Multisensor Radiómetro Espectral/Imágenes Descendentes (DISR)
- Instrumento Multisensor de Estructura Atmosférica Huygens (HASI
- Instrumento de Viento Doppler (DWE)
- Paquete de Ciencia de Superficie (SSP)

Lanzamiento

Sobrevuelos planetarios

- Sobrevuelo Venus-Tierra-Luna
- Sobrevuelo de Júpiter

Phoebe

Saturno

Titán

- Sonda Huygens aterriza en Titán
- Resultados

Enceladus

Iapetus

Mimas

Hiperión

Dione

Rhea

Tethys

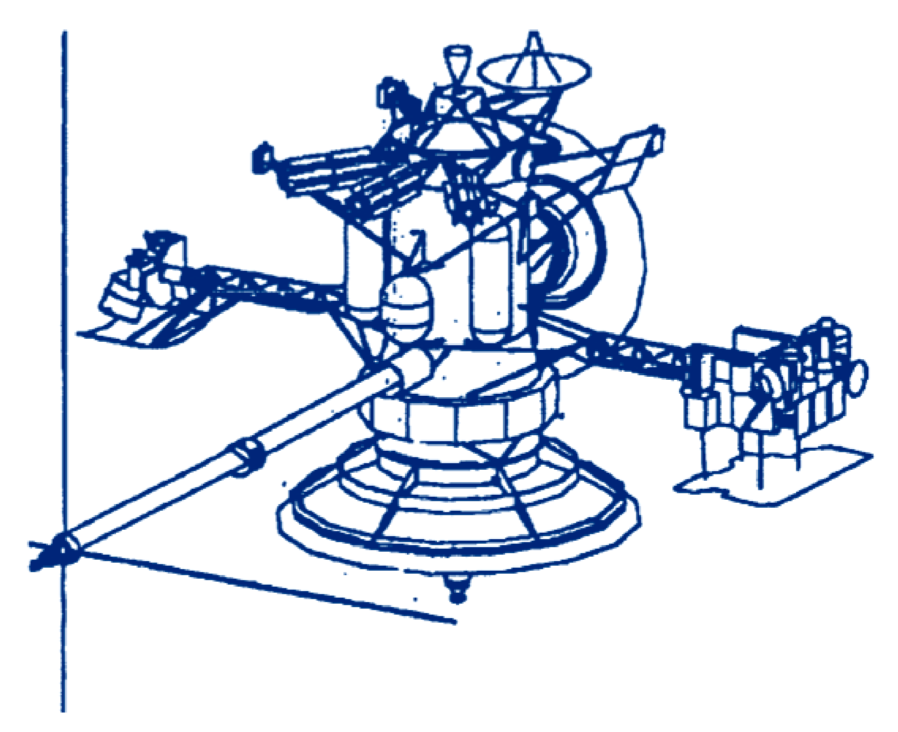
Descubrimientos de nuevas lunas

Misión Grand Final

Orígenes

El desarrollo de una empresa tan compleja y ambiciosa entre la NASA y la ESA requirió importantes esfuerzos de planificación científica, técnica y programática durante varios años, varios escenarios para una misión a Saturno fueron estudiados dentro de la NASA desde finales de la década de 1970 como el siguiente paso natural después de la misión de la sonda Galileo a Júpiter en la exploración detallada de los planetas gigantes.

La misión Cassini-Huygens, se propuso originalmente a la Agencia Espacial Europea (ESA) como una empresa de colaboración con la NASA en respuesta a una llamada regular de ideas de misiones elevadas por la Dirección de Programas Científicos de ESA, y fue propuesta en 1982 por un equipo de científicos de Europa y Estados Unidos, luego de una evaluación inicial, se sometió a un estudio conjunto de la NASA/ESA durante un año, que comenzó a mediados de 1984 (anterior a esa fase de estudio, la sonda a Titán fue identificada como la contribución de la ESA, dentro de sus limitaciones financieras y capacidades técnicas de la industria espacial europea), en 1986 la ESA la selecciona para un estudio competitivo de fase A, pero el inicio se retrasa un año para permitir un ajuste programático con la NASA, el estudio de fase A se desarrolla entre 1987 y 1988.



La sonda a Titán sería seleccionada en 1988 por el Comité del Programa Científico de la ESA como la primera misión de tamaño medio (M-1) del Plan de Ciencia Espacial a Largo Plazo Horizon-2000; en 1992 y en 1994, la nave Cassini-Huygens es criticada políticamente; la NASA logra persuadir al Congreso de los Estados Unidos de que no sería prudente detener el proyecto después de que la ESA había invertido fondos en el desarrollo porque la frustración por las promesas incumplidas de exploración espacial podría extenderse a otras áreas de relaciones exteriores; posteriormente el proyecto avanza sin problemas y se planea que la nave fuera la segunda Mariner Mark II estabilizada en 3 ejes y propulsada por medio de RTG, la nave Cassini se desarrolla simultáneamente con la nave CRAF (Comet Rendezvous Asteroid Flyby), pero recortes presupuestarios y reajustes del proyecto obligan a la NASA a poner fin al desarrollo de la nave CRAF; como resultado la serie Mariner Mark II es cancelada, dejando el programa Cassini solo para ser autorizado en 1992; en la reestructuración, se eliminan la plataforma científica, el orbitador articulado y la antena articulada de Huygens, los instrumentos del orbitador se montan en el cuerpo de la nave y varios instrumentos agregan su propia articulación para atenuar las plataformas perdidas.

Descripción general de la misión

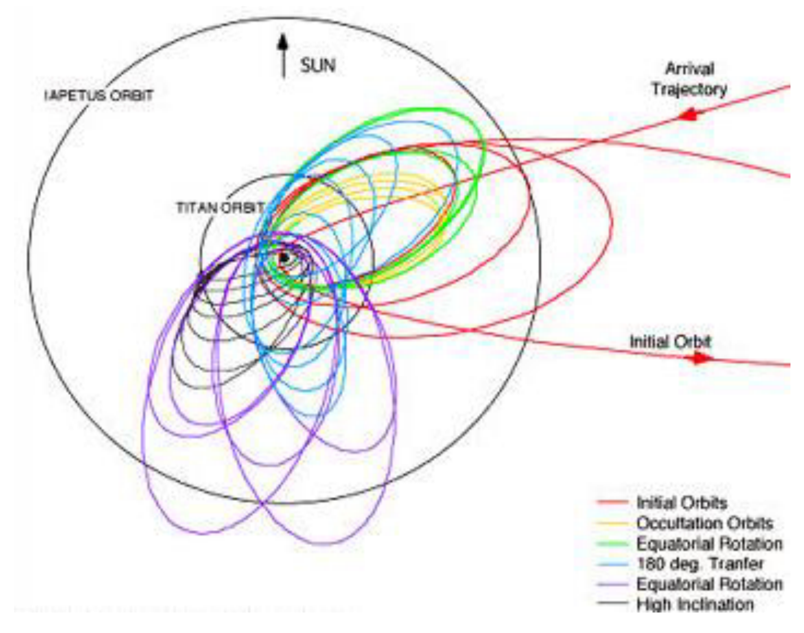
La misión Cassini-Huygens fue diseñada para explorar el sistema de Saturno y todos sus elementos: el planeta y su atmósfera, anillos, magnetosfera y un gran número de sus lunas, prestando especial atención a Titán, la luna más grande de Saturno, los objetivos científicos generales serían:

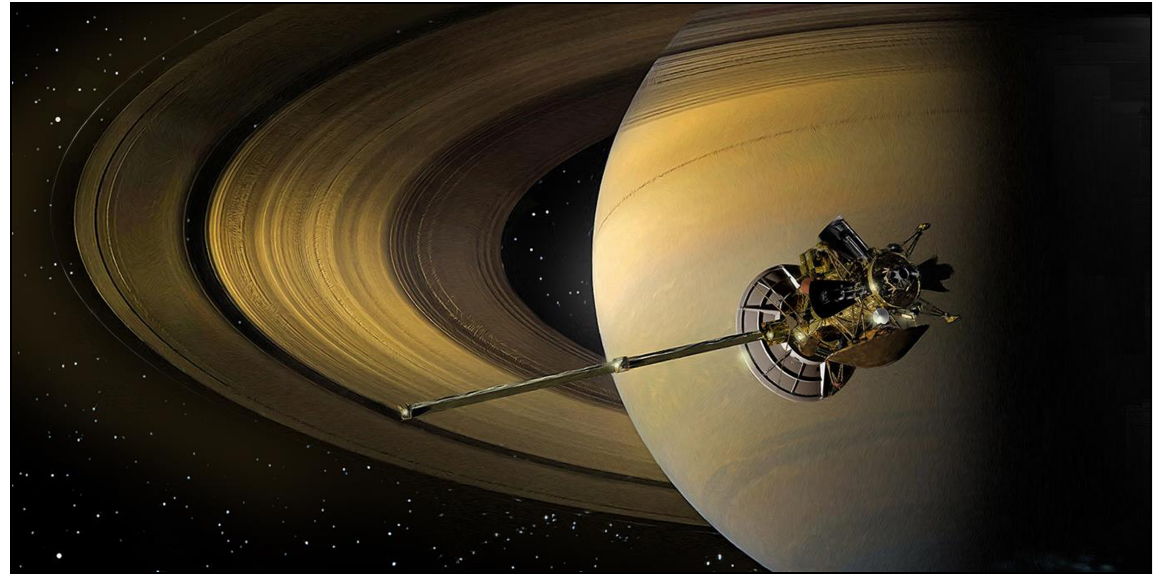
Determinar la estructura, composición química y dinámica global de la magnetosfera e historia geológica de Saturno y sus satélites, estudiar la estructura y composición del material de los anillos

Determinar el comportamiento dinámico de la atmósfera de Saturno, determinar composición química, estructura física y balance energético de la atmósfera de Titán.

Observar la variabilidad temporal y espacial de las nubes, neblinas y características de la superficie de Titán.

Estudiar la interrelación entre los anillos y los satélites, y la interacción de los satélites y la ionosfera de Titán con la magnetosfera de Saturno.





Orbiter (Orbitador) Cassini

Características técnicas

El orbiter pesaba 2150 Kg, la nave en su conjunto con la sonda Huygens acoplada, el adaptador al vehículo de lanzamiento y 3132 Kg de propulsores en el lanzamiento, tenía una masa de 5600 Kg; 6,8 m de altura y 4 m de ancho, sus instrumentos consistían en un radar de apertura sintética un dispositivo de imagen CCD, espectrómetro de mapeo visible/IR, analizador de polvo cósmico, experimento de radio plasma, espectrómetro de plasma, espectrógrafo de imágenes UV, instrumento de imagen magnetosférico, espectrómetro de masas de iones neutros.



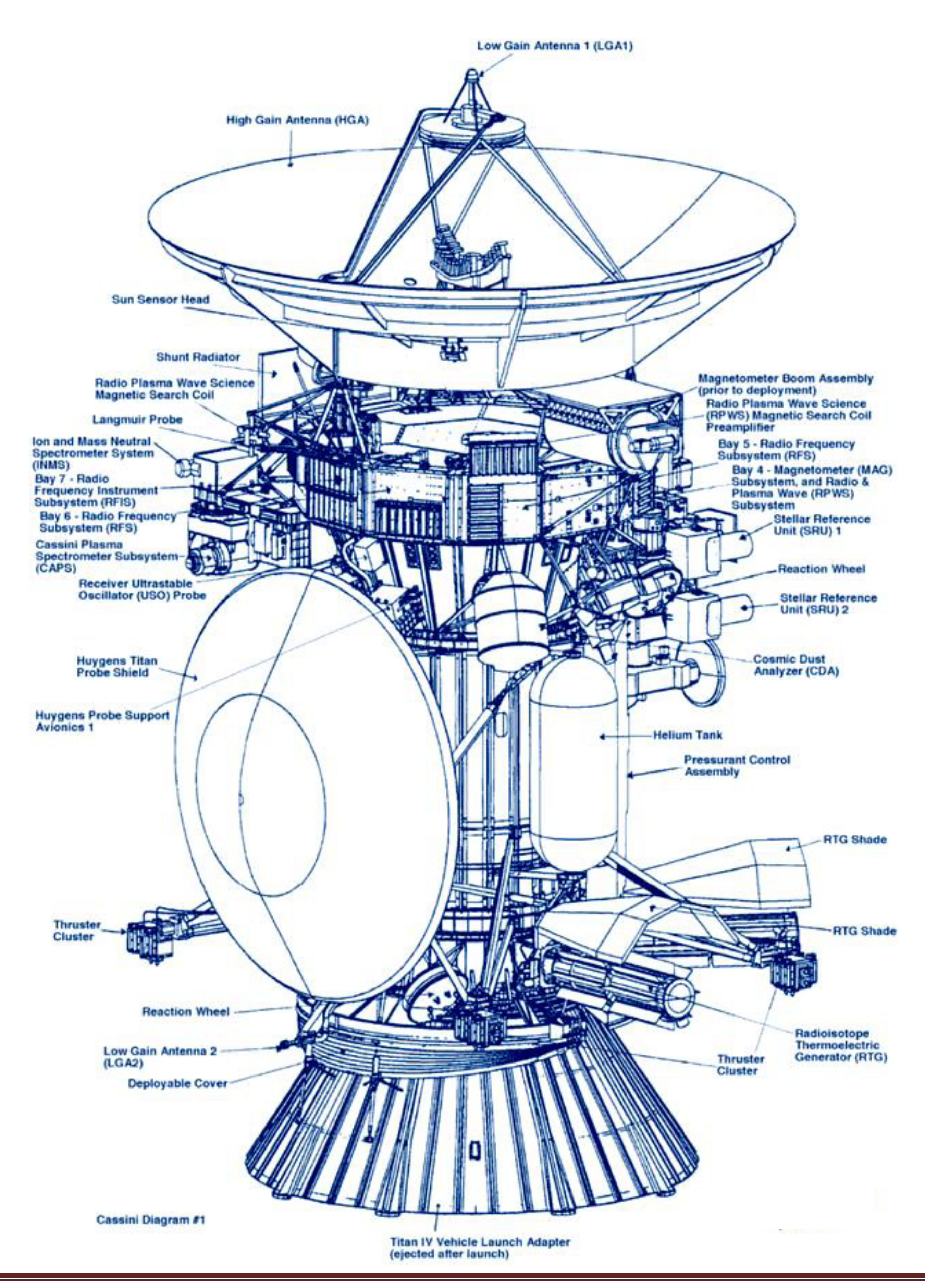
La computadora de control central era un sistema MIL-STD-1750A redundante, el sistema de propulsión principal consistía en un motor de cohete bipropelente R-4D, y cohetes monopropelente más pequeños proporcionaban el control de actitud.

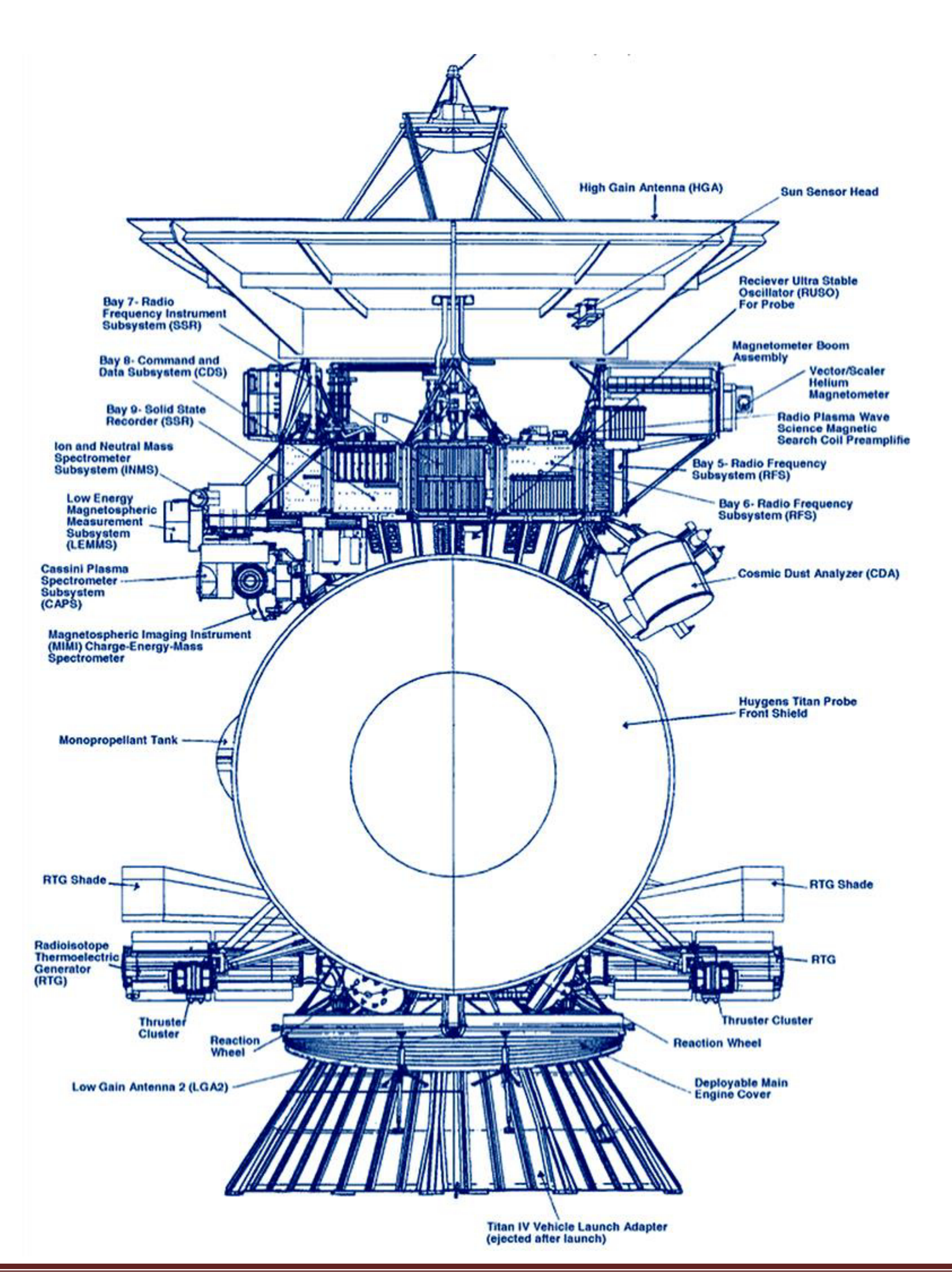
La telemetría de la antena de comunicaciones, como el transmisor en Banda S y el sistema de doble frecuencia en Banda K, fueron utilizados para hacer observaciones atmosféricas de Titán, Saturno y para medir los campos magnéticos, hasta septiembre de 2017, la sonda continuó orbitando Saturno a una distancia de entre 8,2 y 10,2 U.A. de la Tierra, las señales de radio tardaban entre 68 y 84 min en llegar a la Tierra y viceversa, era imposible para los controladores de tierra dar instrucciones en tiempo real para las operaciones diarias o para eventos inesperados, las instrucciones se enviaban y la nave trabajaba autónomamente, debido a que la nave espacial usaba un conjunto de computadoras más moderno que las misiones anteriores, fue la primera nave en adoptar mini-paquetes para reducir la complejidad del Diccionario de Telemetría, y el proceso de desarrollo de software condujo a la creación de un Administrador de Telemetría para la misión, tenía alrededor de 1088 canales (en 67 mini-paquetes) ensamblados en el Diccionario de Telemetría y se construye un total de 7 mapas correspondientes a 7 modos de telemetría (Grabación; Crucero Nominal; Crucero Medio Lento; Crucero Lento; Operaciones Orbitales; Δv; Calibración ATE-Actitud).

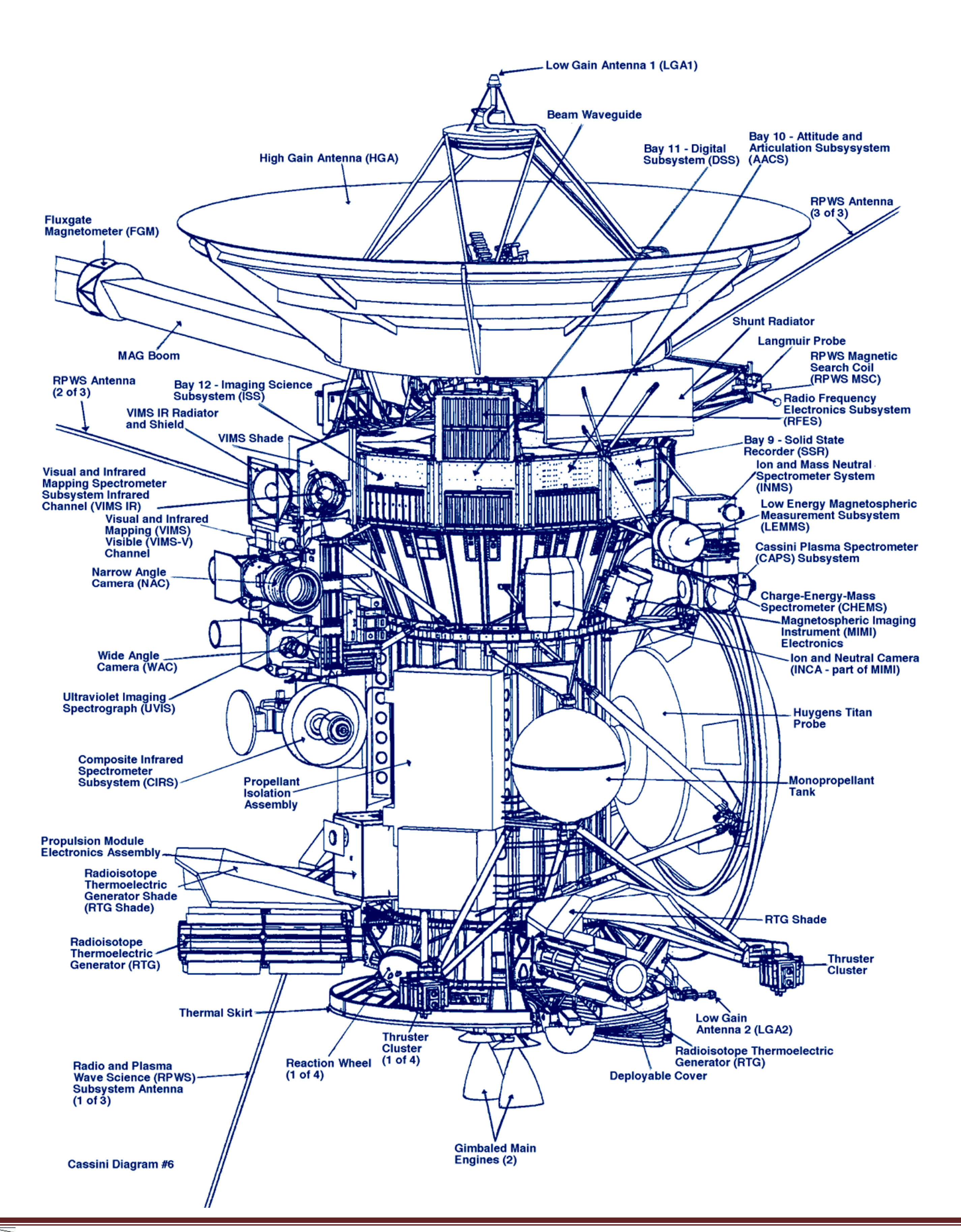
El cuerpo principal del Orbiter era casi cilíndrico, constaba de un módulo de equipo inferior, módulo de propulsión y módulo de equipo superior, con una antena fija de alta ganancia de 4 m de diámetro, tres antenas de ondas de plasma del tipo varilla y un brazo de magnetómetro con resorte de 11 m que se extendía desde un recipiente montado en el módulo de equipo superior, en la parte central se adjuntaba una estructura, que contenía cámaras y la mayoría de los instrumentos científicos.

En general, toda la nave espacial debía girarse para apuntar los instrumentos en la dirección adecuada, aunque tres de los instrumentos proporcionaban su propia articulación alrededor de un eje.




Low Gain Antenna 1 (LGA1)
High Gain Antenna (HGA)
Sun Sensor Head
Shunt Radiator
Radio Plasma Wave Science Magnetic Search Coil
Langmuir Probe
Ion and Mass Neutral Spectrometer System (INMS)
Bay 7 - Radio Frequency Instrument Subsystem (RFIS)
Bay 6 - Radio Frequency Subsystem (RFS)
Cassini Plasma Spectrometer Subsystem (CAPS)
Receiver Ultrastable Oscillator (USO) Probe
Huygens Titan Probe Shield
Huygens Probe Support Avionics 1
Thruster Cluster
Reaction Wheel
Low Gain Antenna 2 (LGA2)
Deployable Cover
Cassini Diagram #1
Titan IV Vehicle Launch Adapter (ejected after launch)
Magnetometer Boom Assembly (prior to deployment)
Radio Plasma Wave Science (RPWS) Magnetic Search Coil Preamplifier
Bay 5 - Radio Frequency Subsystem (RFS)
Bay 4 - Magnetometer (MAG) Subsystem, and Radio & Plasma Wave (RPWS) Subsystem
Stellar Reference Unit (SRU) 1
Reaction Wheel
Stellar Reference Unit (SRU) 2
Cosmic Dust Analyzer (CDA)
Helium Tank
Pressurant Control Assembly
RTG Shade
RTG Shade
Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG)
Thruster Cluster


High Gain Antenna (HGA)
Sun Sensor Head
Reciever Ultra Stable Oscillator (RUSO) For Probe
Bay 7- Radio Frequency Instrument Subsystem (SSR)
Bay 8- Command and Data Subsystem (CDS)
Magnetometer Boom Assembly
Vector/Scaler Helium Magnetometer
Bay 9- Solid State Recorder (SSR)
Radio Plasma Wave Science Magnetic Search Coil Preamplifie
Ion and Neutral Mass Spectrometer Subsystem (INMS)
Bay 5- Radio Frequency Subsystem (RFS)
Low Energy Magnetospheric Measurement Subsystem (LEMMS)
Bay 6- Radio Frequency Subsystem (RFS)
Cassini Plasma Spectrometer Subsystem (CAPS)
Cosmic Dust Analyzer (CDA)
Magnetospheric Imaging Instrument (MIMI) Charge-Energy-Mass Spectrometer
Huygens Titan Probe Front Shield
Monopropellant Tank
RTG Shade
RTG Shade
Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG)
RTG
Thruster Cluster
Reaction Wheel
Thruster Cluster
Reaction Wheel
Low Gain Antenna 2 (LGA2)
Deployable Main Engine Cover
Titan IV Vehicle Launch Adapter (ejected after launch)

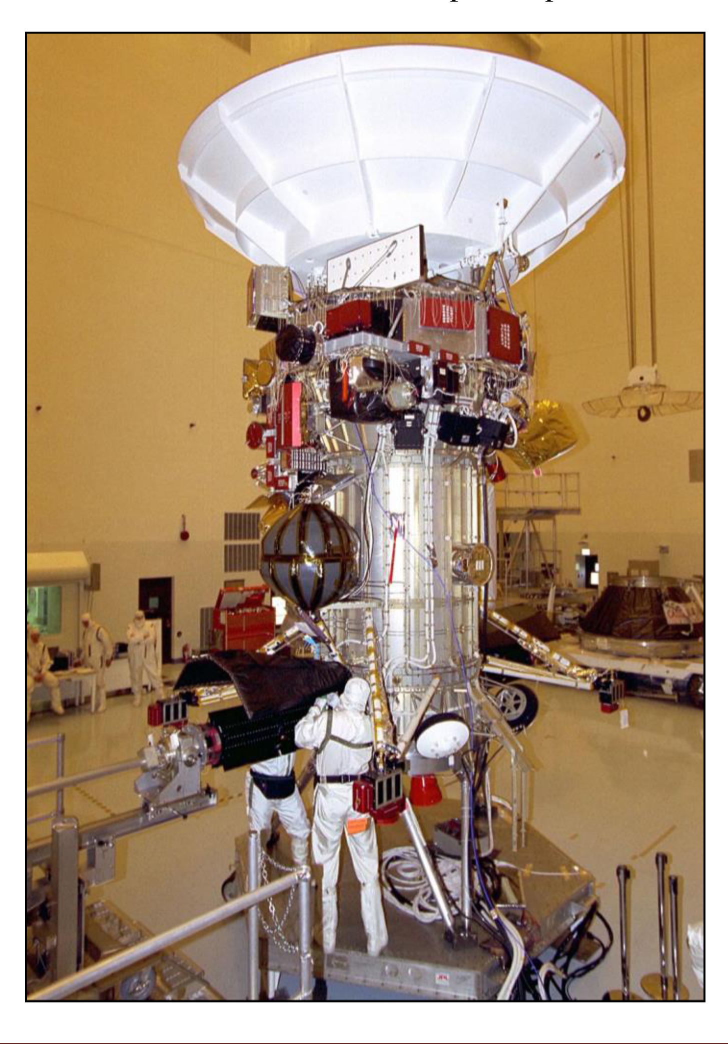

Low Gain Antenna 1 (LGA1)
Beam Waveguide
High Gain Antenna (HGA)
Bay 11 - Digital Subsystem (DSS)
Bay 10 - Attitude and Articulation Subsysystem (AACS)
RPWS Antenna (3 of 3)
Fluxgate Magnetometer (FGM)
MAG Boom
Shunt Radiator
Langmuir Probe
RPWS Magnetic Search Coil (RPWS MSC)
Radio Frequency Electronics Subsystem (RFES)
RPWS Antenna (2 of 3)
Bay 12 - Imaging Science Subsystem (ISS)
VIMS IR Radiator and Shield
VIMS Shade
Bay 9 - Solid State Recorder (SSR)
Ion and Mass Neutral Spectrometer System (INMS)
Visual and Infrared Mapping Spectrometer Subsystem Infrared Channel (VIMS IR)
Low Energy Magnetospheric Measurement Subsystem (LEMMS)
Visual and Infrared Mapping (VIMS) Visible (VIMS-V) Channel
Cassini Plasma Spectrometer (CAPS) Subsystem
Narrow Angle Camera (NAC)
Charge-Energy-Mass Spectrometer (CHEMS)
Magnetospheric Imaging Instrument (MIMI) Electronics
Wide Angle Camera (WAC)
Ion and Neutral Camera (INCA - part of MIMI)
Ultraviolet Imaging Spectrograph (UVIS)
Huygens Titan Probe
Composite Infrared Spectrometer Subsystem (CIRS)
Propellant Isolation Assembly
Monopropellant Tank
Propulsion Module Electronics Assembly
Radioisotope Thermoelectric Generator Shade (RTG Shade)
RTG Shade
Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG)
Thruster Cluster
Thermal Skirt
Low Gain Antenna 2 (LGA2)
Thruster Cluster (1 of 4)
Radioisotope Thermoelectric Generator (RTG)
Radio and Plasma Wave Science (RPWS) Subsystem Antenna (1 of 3)
Reaction Wheel (1 of 4)
Deployable Cover
Gimbaled Main Engines (2)
Cassini Diagram #6

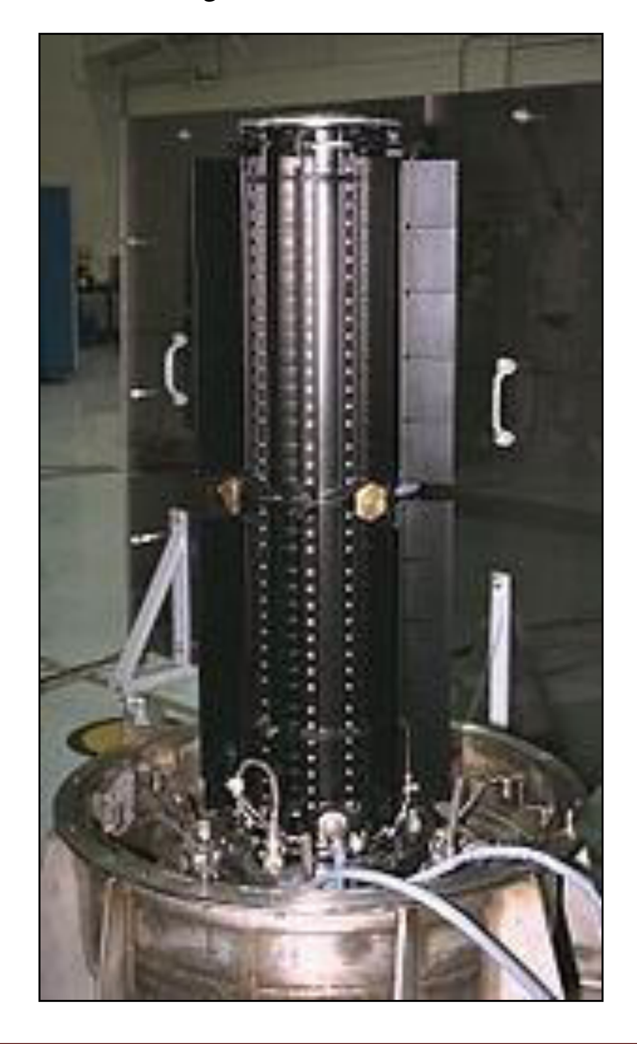
Fuente de poder

Debido a la distancia de Saturno al Sol, los paneles solares no eran factibles como fuentes de energía para esta sonda espacial; para generar suficiente energía, tales matrices habrían sido demasiado grandes y pesadas, el orbiter Cassini fue impulsado por tres Generadores Termoeléctricos de Radioisótopos (RTG) que utilizaron el calor de la desintegración de 33 Kg de Plutonio-238 (en forma de dióxido de Plutonio) para generar electricidad de corriente continua vía termoeléctrica; los RTG de la misión Cassini-Huygens tenían el mismo diseño que los utilizados en la sondas New Horizons, Galileo y Ulysses y fueron diseñadas para tener una vida útil muy larga.

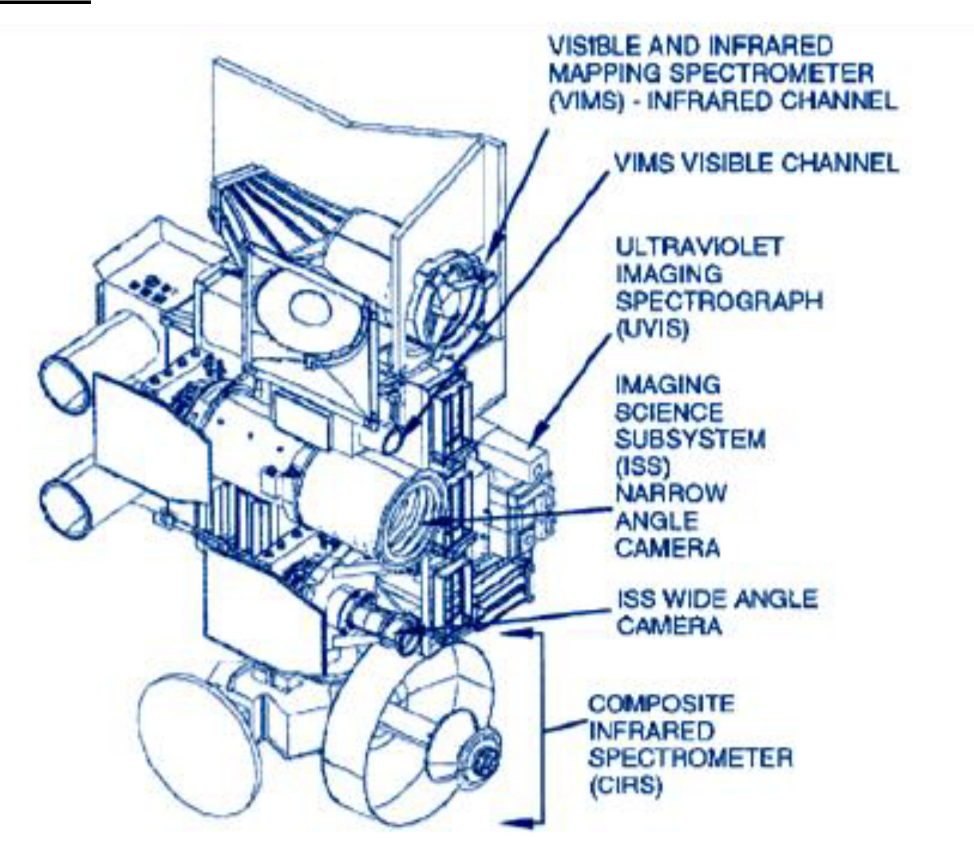
La distribución de energía se logró mediante 192 interruptores de energía de estado sólido, que funcionaban también como disyuntores en caso de una condición de sobrecarga, estos interruptores presentaban una mejor eficiencia y una vida útil más larga en comparación con los interruptores convencionales, mientras que al mismo tiempo eliminaban los transitorios. Sin embargo, estos disyuntores de estado sólido eran propensos a disparos erróneos (presumiblemente por rayos cósmicos) lo que requería que se reiniciaran, causando pérdidas en los datos experimentales.

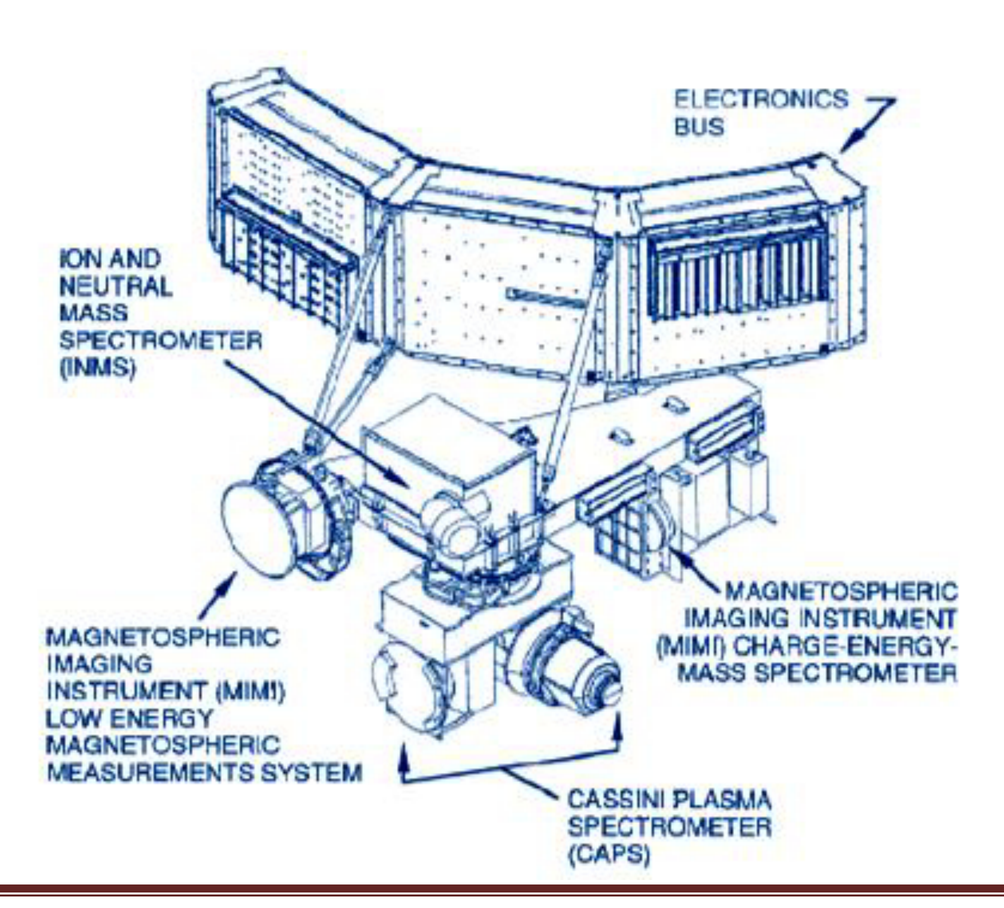
Al llegar a Saturno, los tres generadores proporcionaron aproximadamente 675 W de potencia, el dióxido de Plutonio también se usó como fuente de calor en 82 pequeñas Unidades Calentadoras de Radioisótopos (RHU) en el orbitador Cassini y 35 unidades en la sonda Huygens; cada uno producía aproximadamente 1 W de energía para mantener los dispositivos electrónicos cercanos a sus temperaturas de funcionamiento, al final de la misión nominal de 11 años, los RTG todavía podían producir de 600 a 700 W de energía eléctrica.





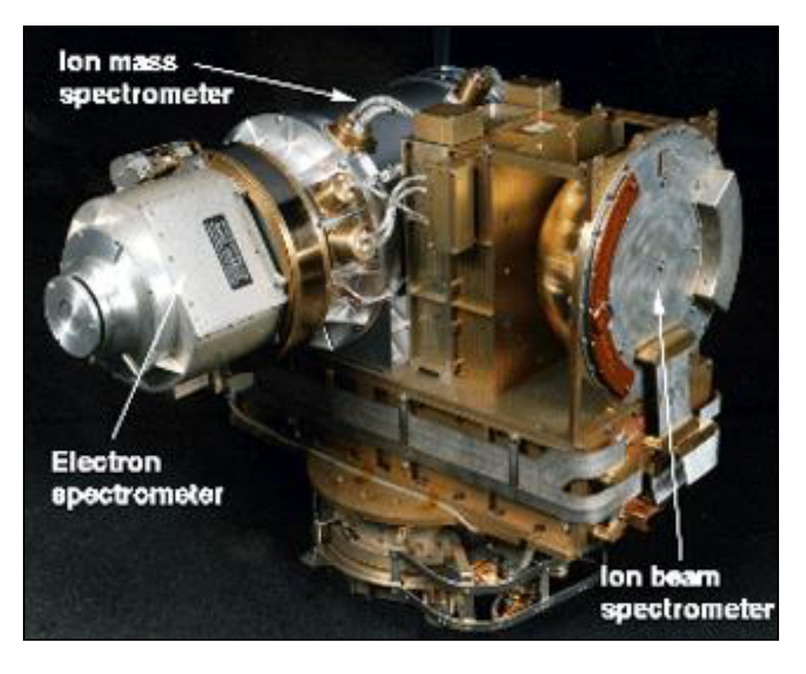
Instrumentos Científicos





Espectrómetro de Plasma Cassini (CAPS)

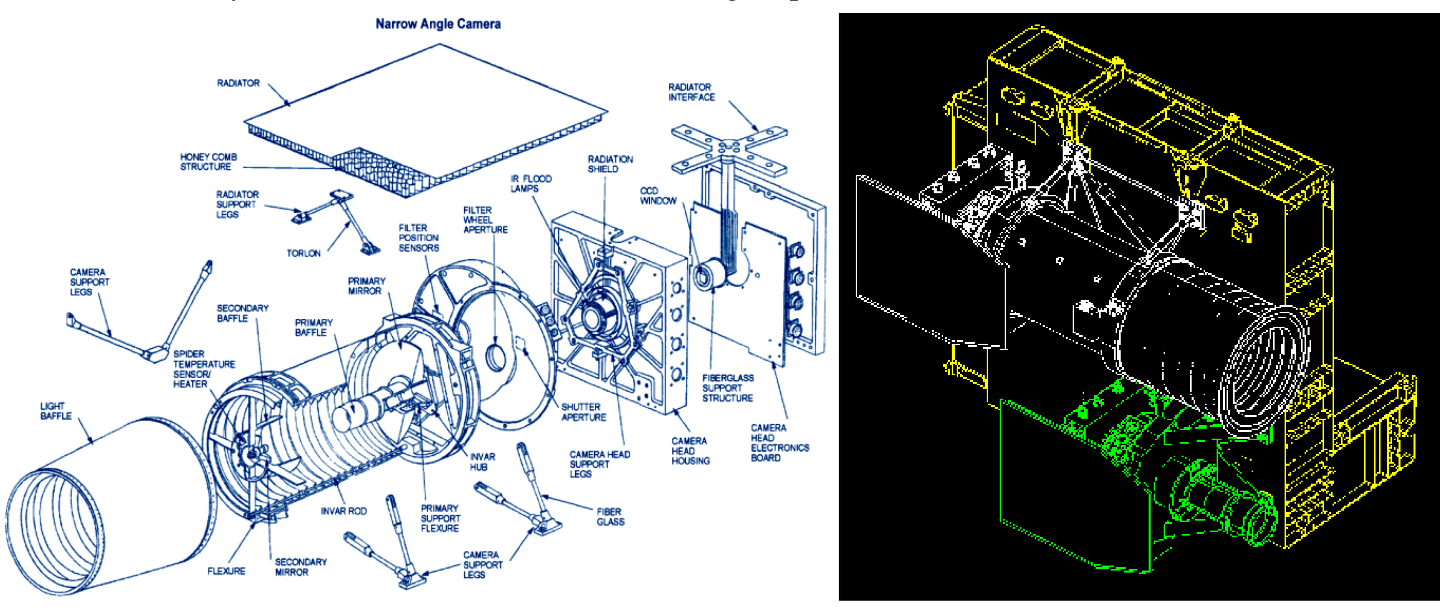
Instrumento in situ que medía el flujo de partículas cargadas en la ubicación de la nave espacial, en función de la dirección y la energía, tenía un peso de 12,50 Kg, potencia de funcionamiento media de 14,50 W, velocidad de datos de 0,5 Kb/s y 16 Kb/s durante encuentros y periapsis seleccionadas, la composición de iones también se midió usando un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo, este instrumento midió las partículas producidas por la ionización de moléculas que se originan en la ionosfera de Saturno y Titán, así como de las plumas de Encelado, también investigó el plasma en estas áreas, junto con el viento solar y su interacción con la magnetosfera de Saturno, se desactivó en junio de 2011, como medida de precaución debido a un cortocircuito eléctrico que ocurrió en el instrumento, se volvió a encender en marzo de 2012, después de 78 días, otro cortocircuito obligó a apagarse de forma permanente.



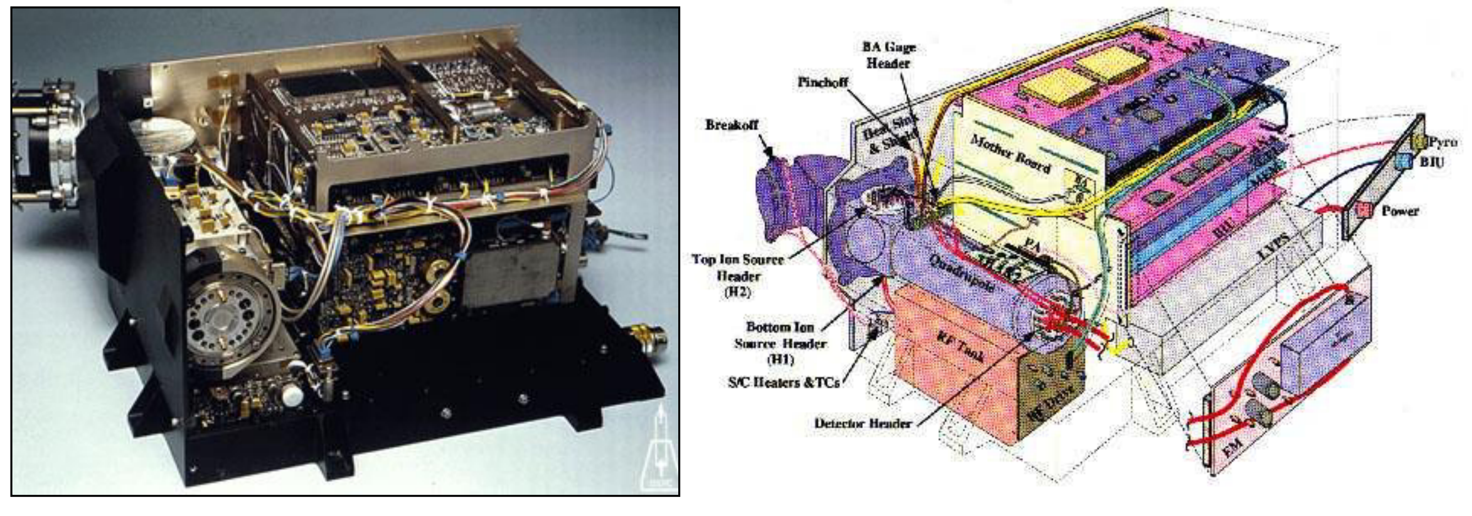
Los científicos descubrieron que la mayor parte de las partículas de plasma en la magnetosfera de Saturno se originan en la luna Encelado, que expulsa agua y otras materias de los chorros en su región del polo S; cuando se exponen a la magnetosfera y a la luz solar UV en el espacio, las partículas expulsadas se ionizan, lo que significa que adquieren una carga eléctrica, una vez que una partícula está cargada, responde a la rotación de la magnetosfera del planeta, por lo que las partículas cargadas de Encelado comienzan a dar vueltas alrededor de Saturno bajo la influencia del campo magnético, este instrumento también descubrió que el plasma en la magnetosfera de Saturno se ralentiza cuando interactúa con la columna de Encelado mediante un proceso llamado transferencia de impulso, que ocurre de dos maneras, los iones de movimiento rápido que viajan en círculos estrechos alrededor de las líneas del campo magnético de Saturno chocan con las partículas neutrales de movimiento más lento, cuando chocan, los iones roban electrones de las partículas neutras, la partícula neutra adquiere una carga positiva porque pierde un electrón, mientras que el ión de movimiento rápido se vuelve neutral porque gana un electrón. En otra interacción, los granos de hielo de H_2O de tamaño nanométrico se condensan mientras salen de los respiraderos de Encelado, luego, los electrones que se mueven rápidamente en la magnetosfera de Saturno se acumulan en los granos de hielo, agregando masa y dando a los granos una carga negativa.

Las partículas fueron observadas por el sensor de electrones CAPS, el sensor no fue diseñado para medir el polvo, los granos de hielo eran tan pequeños que se clasificaron como polvo, son mucho más grandes (y se mueven más lentamente) que la mayoría de las partículas de plasma magnetosférico, que solo tienen entre uno y tres átomos, una sola partícula de polvo no afectaría mucho el comportamiento del plasma, pero la pluma de Encelado contiene innumerables partículas de polvo, por lo que el polvo cargado ralentiza el movimiento del plasma local; los datos de CAPS también se utilizaron para estudiar los anillos de Saturno, comenzando el día en que la nave entró en la órbita de Saturno en 2004, durante la maniobra de inserción de la órbita, la sonda sobrevoló los anillos principales del planeta e incluso pasó a través de uno de sus anillos exteriores más dispersos, el anillo G; los datos de CAPS sugieren que los anillos están envueltos en una atmósfera extremadamente fina de Oxígeno molecular ionizado (O_2) e iones como H_2O^+ y OH^+, que se forman después de que la luz UV del Sol quita las moléculas de H_2O del anillo y luego las moléculas se ionizan de la misma manera que las expulsadas de Encelado.

Subsistema de Ciencia de Imágenes (ISS) Instrumento que capturaba la mayoría de las imágenes en luz visible y también algunas imágenes IR y UV, tenía una cámara de gran angular (WAC) refractor de 20 cm f/3,5; 380-1100 nm; con 18 filtros, , una cámara de ángulo estrecho (NAC) reflector de 2 cm f/10.5; 200-1100 nm con 24 filtros; ambas con una potencia de funcionamiento máxima de 55 W y velocidad máxima de datos 365 Kb/s, cada una de estas cámaras utilizó un dispositivo sensible de carga acoplada (CCD) con una matriz cuadrada de 1024 px, como su detector de ondas electromagnéticas, las cámaras permitían muchos modos de recopilación de datos, incluida la compresión de datos en chip, y estaban equipadas con filtros espectrales que giraban sobre una rueda para poder ver diferentes Bandas dentro del espectro electromagnético desde 0,2 a 1,1 µm; ayudaron a los investigadores a estudiar la estructura y el movimiento de las atmósferas de Saturno y Titán, también estudiaron el tamaño, grosor, composición y otras características de los anillos de Saturno, y cómo interactúan las lunas y los anillos de Saturno a través de la gravedad; al tomar muchas fotografías, las cámaras crearon mapas de las superficies de las lunas, los anillos y el planeta mismo, también se usaron las imágenes para comprender la topografía de las lunas (alturas y y características en las superficies) composición (de qué materiales están hechas esas características) y para medir las órbitas, formas y tamaños de las lunas de Saturno con gran precisión.

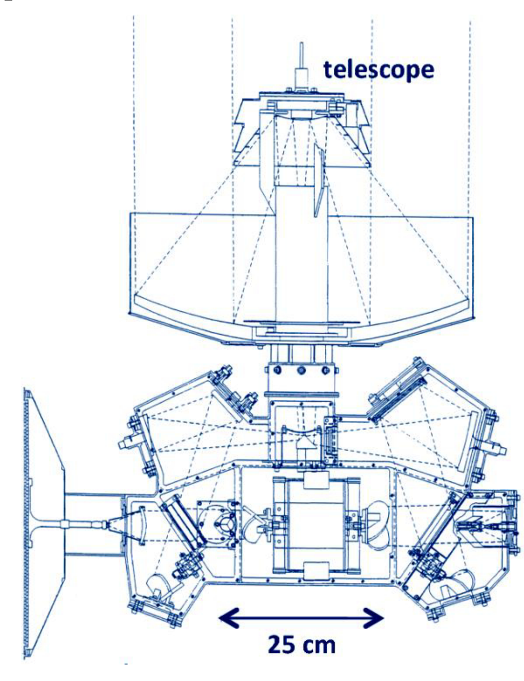


Espectrómetro de Masas de Iones y Neutros (INMS) Instrumento que midió la composición de partículas cargadas (protones e iones más pesados) y partículas neutras (átomos y moléculas) cerca de Titán y Saturno, utilizó un espectrómetro de masas de cuadrupolo, también este instrumento estaba destinado a medir los entornos de iones positivos y neutros de los satélites y anillos de Saturno.



Espectrómetro IR Compuesto (CIRS) Telescopio de 50 cm de diámetro, con dimensiones de 89x76x52 cm, su peso era de 39,24 kg, potencia de funcionamiento máxima de 32,89 W, potencia operativa media de 26,37 W, con una velocidad máxima de datos de 6 Mb/s, que medía la radiación IR procedente de los objetos para conocer sus temperaturas, propiedades térmicas y composiciones, a lo largo de la misión, el CIRS midió las emisiones IR de atmósferas, anillos y superficies en el sistema de Saturno, mapeó la atmósfera de Saturno en tres dimensiones para determinar los perfiles de temperatura y presión con la altitud, composición del gas y distribución de aerosoles y nubes, también midió las características térmicas y composición de las superficies de los satélites y los anillos, ayudó a descifrar el misterio de las columnas que salen de la luna Encelado de Saturno, los chorros de H_2O que salen de la región del polo S de la Luna se originan en las grietas de la superficie de hielo de Encelado; tomó la temperatura de los anillos para conocer su composición y estructura, incluyendo información sobre la estructura de partículas individuales, incluyendo el breve período durante el equinoccio de Saturno, cuando la luz del Sol se movió desde el lado N hacia el S del plano de los anillos, permitiendo que los anillos se enfriaran.





Analizador de Polvo Cósmico (CDA) Instrumento in situ que medía el tamaño, velocidad y dirección de pequeños granos de polvo cerca de Saturno, también podía medir los elementos químicos de los granos y algunas de estas partículas que orbitaban Saturno, y de otras que provenían de otros sistemas estelares.

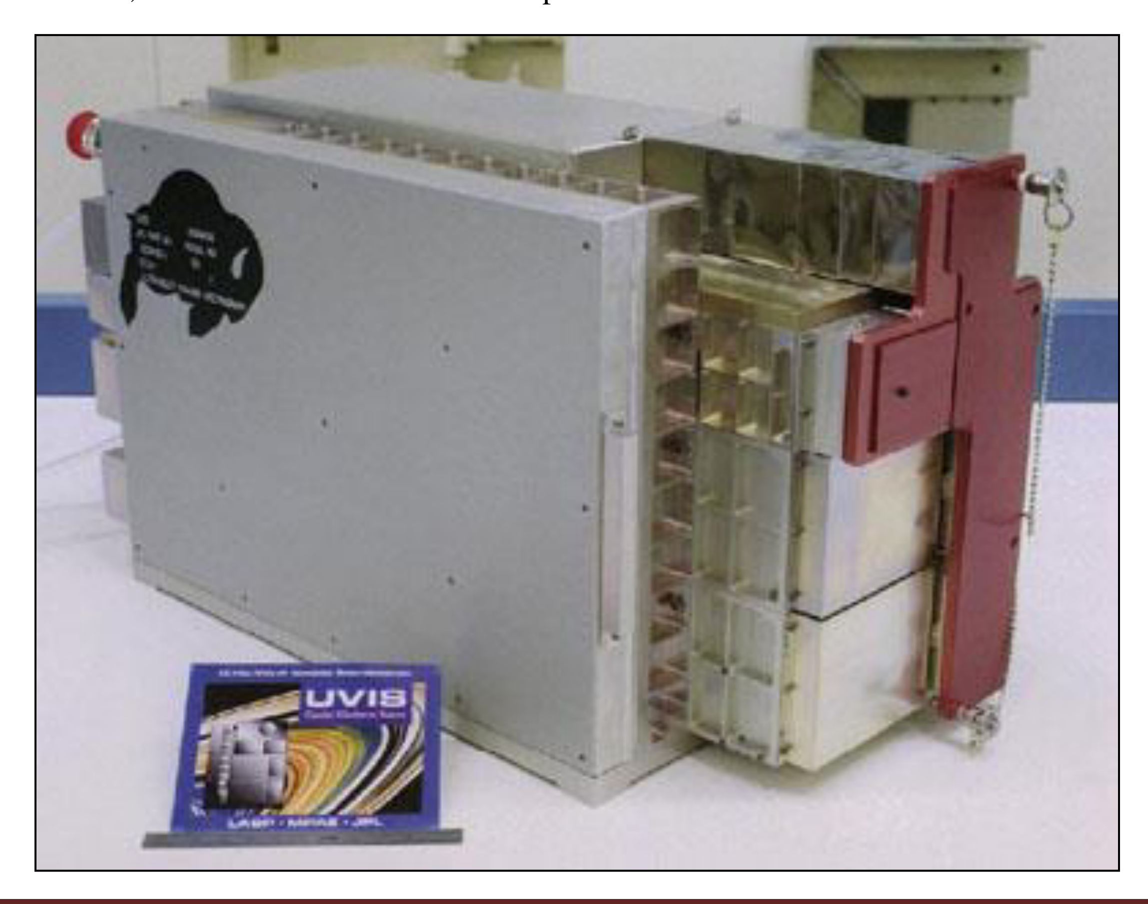




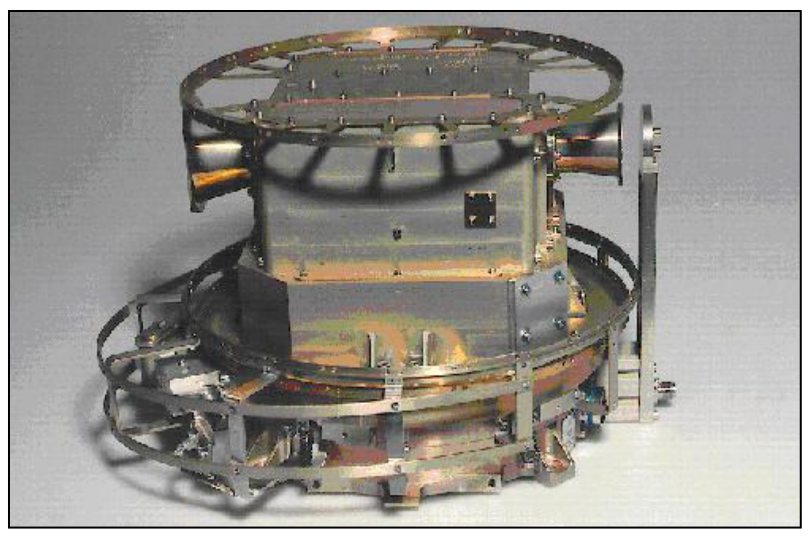
Magnetómetro de Técnica Dual (MAG) Instrumento que medía la fuerza y dirección del campo magnético alrededor del planeta (los campos magnéticos son generados en parte por el núcleo fundido en el centro de Saturno, medir el campo magnético es una de las formas de sondear el núcleo) MAG tenía como objetivo desarrollar un modelo 3D de la magnetosfera de Saturno, determinar el estado magnético de los satélites, sus atmósferas, y su papel en la magnetosfera de Saturno.



Espectrógrafo de Imágenes UV (UVIS) Construido por el Laboratorio de Física Atmosférica y Espacial (LASP) ubicado en el Parque de Investigación de la Universidad de Colorado en Boulder, era un instrumento de Detección Remota que capturaba imágenes de la luz UV reflejada en un objeto. Diseñado para medir la luz UV en longitudes de onda de 55,8 a 190 nm, este instrumento también fue una herramienta valiosa para ayudar a determinar la composición, distribución, contenido de partículas de aerosol y temperaturas de sus atmósferas. El UVIS incluyó un espectrógrafo de imágenes de UV lejano y extremo de dos canales que estudiaba la luz en longitudes de onda de 55,8 a 190 nm, su peso era de 14,5kg, potencia de funcionamiento máxima era de 11,83 W, velocidad máxima de datos 32 Kb/seg, podía tomar lecturas tanto espectrales como espaciales, las observaciones espaciales tomaron vistas de1 px de alto x 64 px de ancho) constaba de cuatro canales detectores separados, UV lejano (FUV), UV extremo (EUV), fotómetro de alta velocidad (HSP) y celda de absorción de Hidrógeno-Deuterio (HDAC) recopilando imágenes hiperespectrales y espectros discretos de Saturno, sus lunas y anillos, así como datos de ocultación estelar, el canal HSP estaba diseñado para observar la luz de las estrellas que pasaba a través de los anillos (ocultación estelar) con el fin de comprender la estructura y la profundidad óptica de los anillos, los datos de ocultación estelar de los canales HSP y FUV confirmaron la existencia de columnas de vapor de agua en el polo S de Encelado, así como caracterizaron la composición de esas columnas.



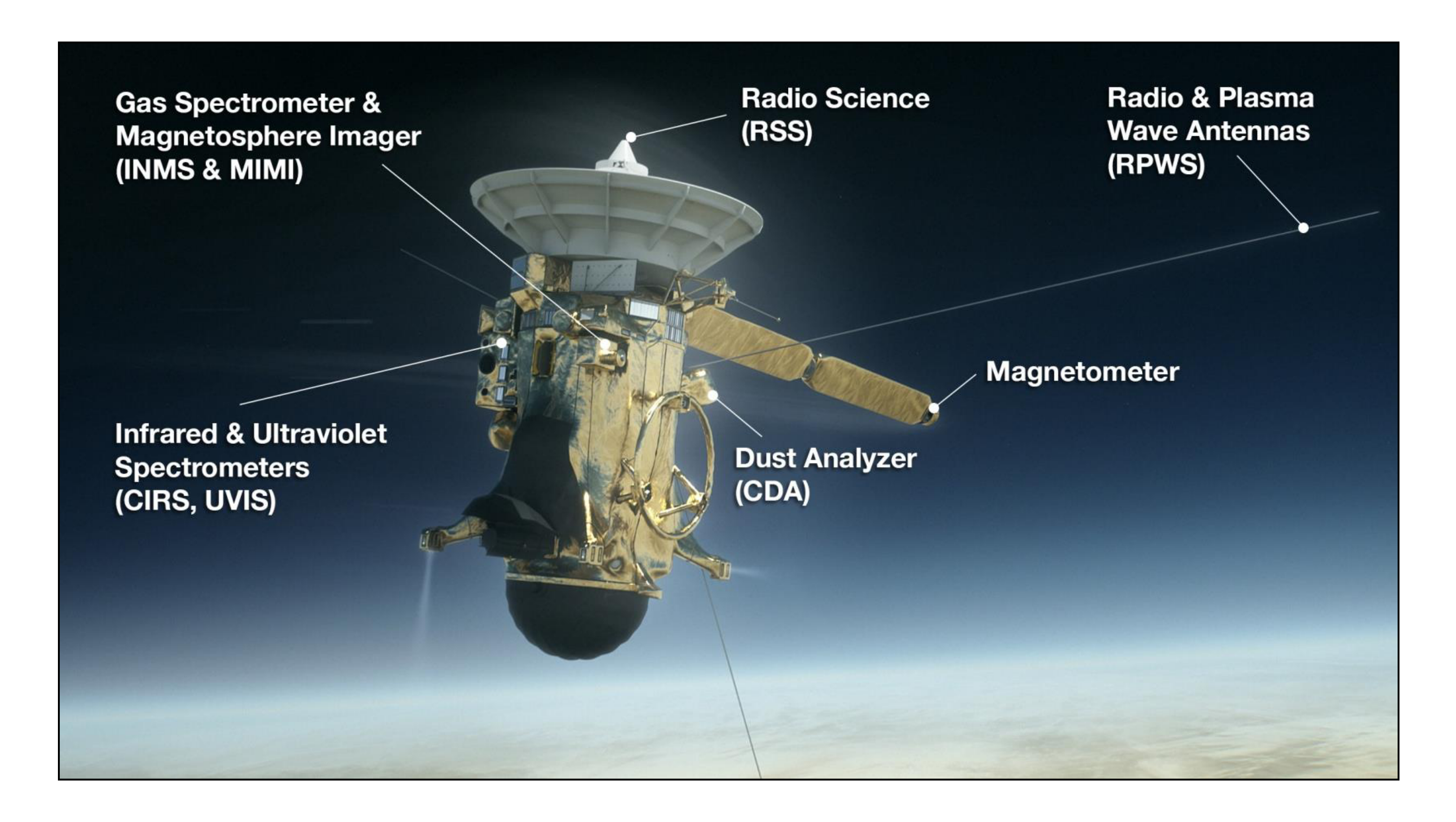
Instrumento de Formación de Imágenes Magnetosféricas (MIMI) Instrumento que producía imágenes y otros datos sobre las partículas atrapadas en el campo magnético de Saturno, el componente in situ midió iones energéticos y electrones, mientras que el componente de detección remota (cámara de iones y neutros- INCA) era un generador de imágenes de átomos neutros energéticos, esta información se utilizó para estudiar la configuración general y la dinámica de la magnetosfera y sus interacciones con el viento solar, la atmósfera de Saturno, Titán, anillos y los demás satélites.



Instrumento de Ondas de Radio y Plasma (RPWS) Instrumento de teledetección que recibía y medía las señales de radio provenientes de Saturno, incluidas las ondas de radio emitidas por la interacción del viento solar con Saturno y Titán; midió los campos de ondas eléctricas y magnéticas en el medio interplanetario y las magnetosfera Planetaria, también determinó la densidad de electrones, la temperatura cerca de Titán y en algunas regiones de la magnetosfera de Saturno utilizando ondas de plasma, estudió la configuración del campo magnético de Saturno y su relación con la Radiación Kilométrica de Saturno (SKR) además de monitorear y mapear la ionosfera, el plasma y los rayos de Saturno.



Subsistema de Radiociencia (RSS) Instrumento de detección remota que usaba antenas de radio en la Tierra para observar la forma en que las señales de radio de la nave espacial cambiaban a medida que se enviaban a través de objetos, como la atmósfera de Titán o los anillos de Saturno, o incluso detrás del Sol, el RSS también estudió las composiciones, presiones y temperaturas de atmósferas e ionosferas, la estructura radial y la distribución del tamaño de partículas dentro de los anillos, las masas de los cuerpos y el campo gravitacional, utilizó el enlace de comunicación de Banda X de la nave, así como el enlace descendente de banda S y ascendente/descendente de Banda K.



Radar instrumento de detección activo y pasivo que producía mapas de la superficie de Titán, las ondas de radar eran lo suficientemente poderosas como para penetrar el espeso velo de neblina que rodeaba a Titán, al medir el tiempo de envío y retorno de las señales, era posible determinar la altura de grandes rasgos de la superficie, como montañas y cañones; el radar pasivo escuchaba las ondas de radio emitidas por Saturno o sus lunas, usando cuatro tipos de observaciones: imágenes, altimetría, retrodispersión y radiometría.

En el modo de operación de imágenes, el instrumento rebotaba pulsos de energía de microondas en la superficie de Titán desde diferentes ángulos de incidencia y registró el tiempo que tardan los pulsos en regresar a la nave, estas medidas, convertidas a distancias, permitirán la construcción de imágenes visuales de la superficie, se utilizó el radar para obtener imágenes debido a que Titán posee una superficie oculta a la vista óptica por una atmósfera espesa.

La altimetría de radar implicaba de manera similar hacer rebotar pulsos de microondas en la superficie del cuerpo objetivo y medir el tiempo que tardaba el eco en regresar a la nave, en este caso, sin embargo, el objetivo no era crear imágenes visuales, sino obtener datos numéricos sobre la altitud precisa de las características de la superficie de Titán.

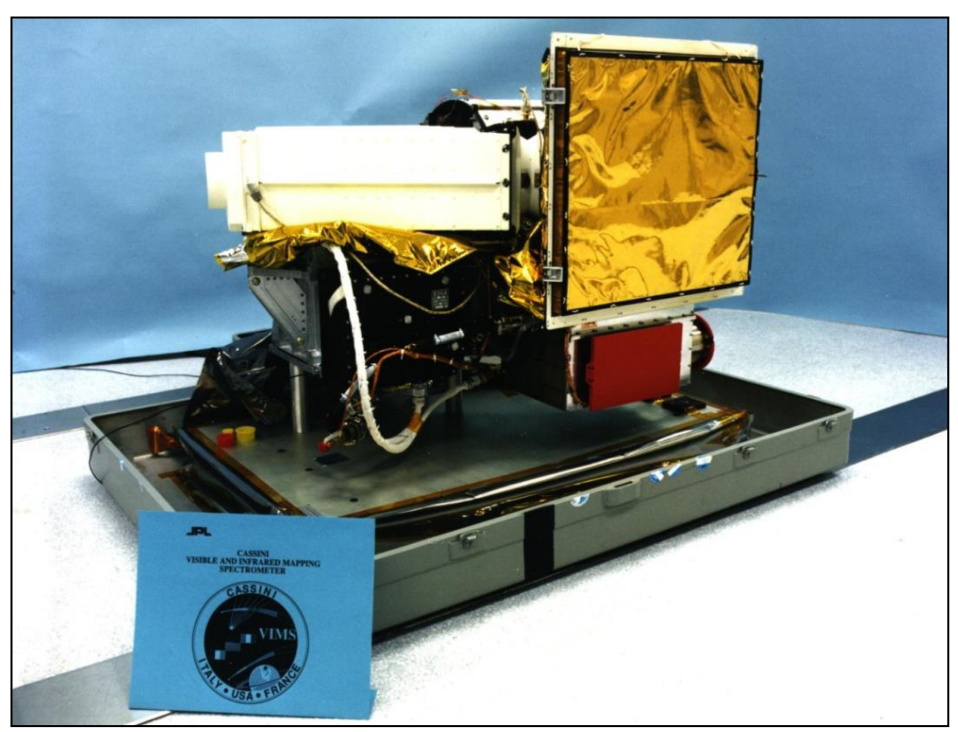
En el modo retrodispersión, el Radar actuó como un dispersómetro, rebotando pulsos en la superficie de Titán y midiendo la intensidad de la energía que regresaba, esta energía de retorno retrodispersión era siempre menor que el pulso original, porque las características de la superficie reflejaban inevitablemente el pulso en más de una dirección, a partir de las mediciones de retrodispersión, los científicos pudieron inferir la composición de la superficie de Titán.

En el modo de radiometría, el Radar funcionó como un instrumento pasivo, registrando la energía que emana de la superficie del satélite, pudiendo saber la cantidad de humedad en su atmósfera.

Durante las operaciones de imágenes, altimetría y retrodispersión, el instrumento transmitió señales pulsadas de banda Ku moduladas en frecuencia lineal hacia la superficie de Titán utilizando la Antena de Alta Ganancia (HGA) estas señales, después de reflejarse en la superficie, eran capturadas por la misma antena y detectadas por el Subsistema Electrónico de Radiofrecuencia (ERS) durante las operaciones de radiometría, el instrumento no transmitía ninguna señal de radar, pero la Antena de Alta Ganancia se utilizaba nuevamente para observaciones radiométricas.

Para mejorar la cobertura de la superficie mediante imágenes de radar, una estructura de red de alimentación de antenas de múltiples bandas Ku conmutada era parte de la Antena de Alta ganancia y permitía la formación de cinco patrones de haz de antena, cada uno de estos haces tenía un ángulo de puntería diferente en relación con el eje focal del reflector de la antena.

<u>Espectrómetro de Mapeo Visible e IR (VIMS)</u> Instrumento de detección remota que capturaba imágenes utilizando luz visible e IR para conocer sobre la composición de las superficies lunares, anillos y las atmósferas de Saturno y Titán. Constaba de dos cámaras: una utilizada para medir la luz visible y la otra infrarroja. VIMS midió la radiación reflejada y emitida de atmósferas, anillos y superficies en longitudes de onda de 350 a 5100 nm, para ayudar a determinar sus composiciones, temperaturas y estructuras. También observó la luz del sol y la luz de las estrellas que atraviesa los anillos para aprender más sobre su estructura, los científicos utilizaron el instrumento VIMS para estudios a largo plazo del movimiento y la morfología de las nubes en el sistema de Saturno y para determinar los patrones climáticos de Saturno.

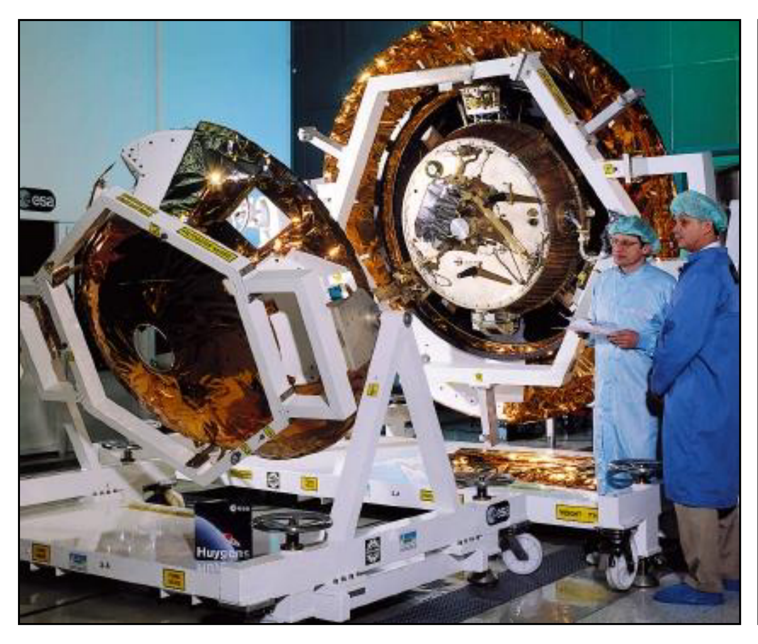


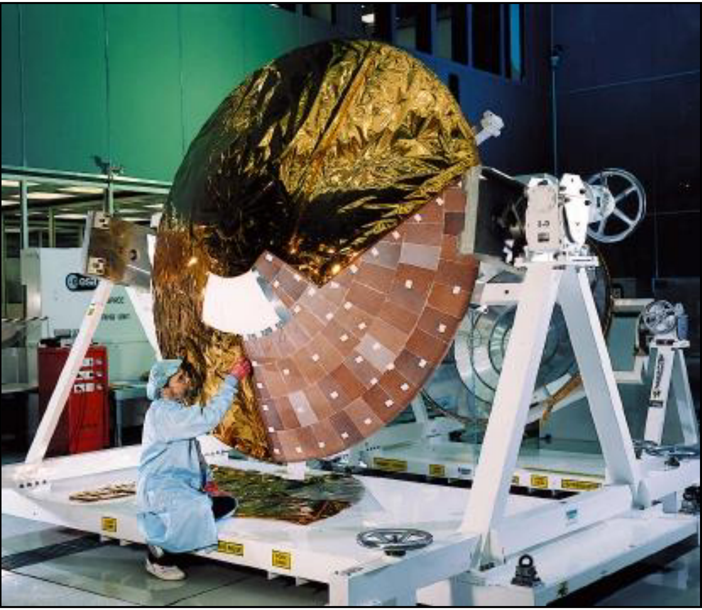
Sonda Huygens

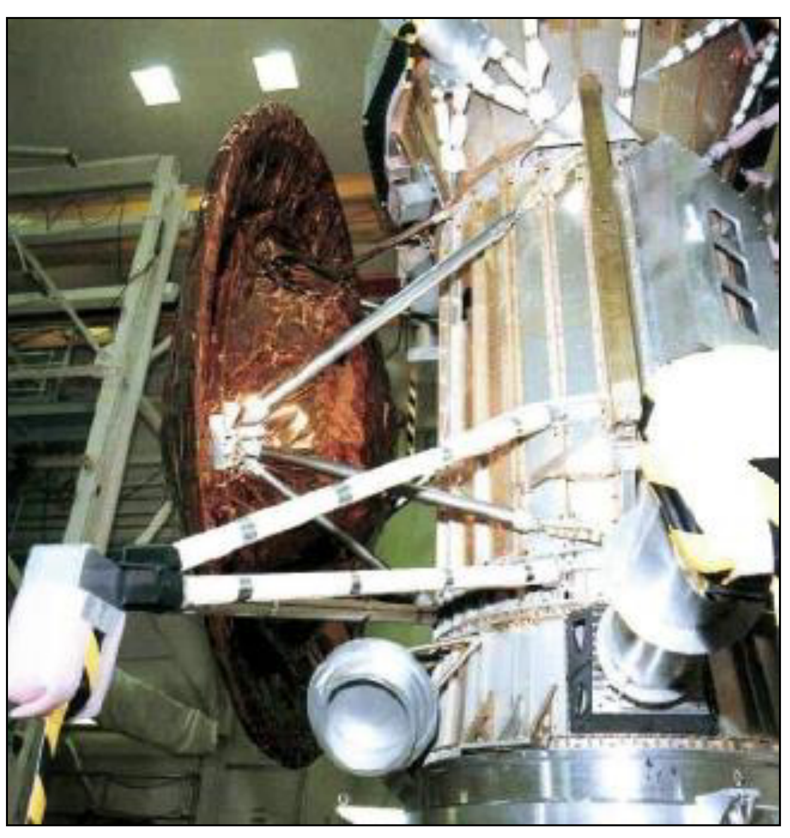
La sonda Huygens, suministrada por la Agencia Espacial Europea (ESA) examinó las nubes, la atmósfera y la superficie Titán en su descenso el 15-01-2005, el sistema de la sonda consistía en la propia sonda, que descendió a Titán y el Equipo de Soporte de la Sonda (PSE) que permaneció unido al Orbitador, el PSE incluía componentes electrónicos que rastreaban la sonda, recuperaban los datos recopilados durante su descenso, procesaban y entregaban los datos al orbitador que los transmitía a la Tierra, los datos fueron transmitidos por un enlace de radio entre Huygens y Cassini proporcionado por el Probe Data Relay Subsystem (PDRS), como la sonda no podía ser telecomandada desde la Tierra debido a la gran distancia, se gestionada automáticamente por el Subsistema de Gestión de Datos de Mando (CDMS), equipos proporcionados por la Agencia Espacial Italiana.

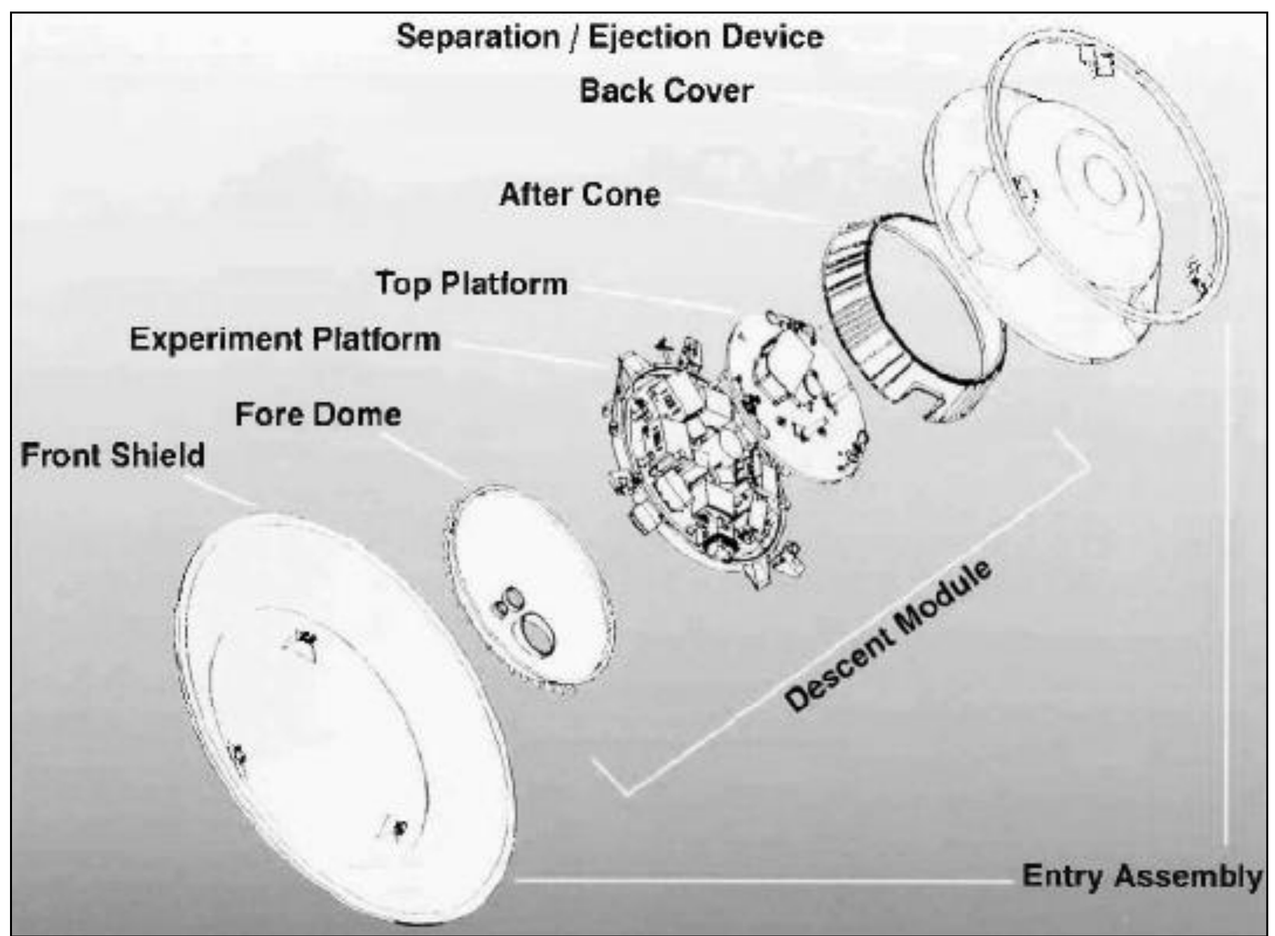
Antes de ser lanzada junto a la nave Cassini la sonda Huygens fue objeto de diversas pruebas y controles con el objetivo de minimizar y/o neutralizar cualquier problema, ya sea durante el vuelo como en su descenso.











Separation / Ejection Device
Back Cover
After Cone
Top Platform
Experiment Platform
Fore Dome
Front Shield
Descent Module
Entry Assembly

Pruebas de descenso en paracaídas

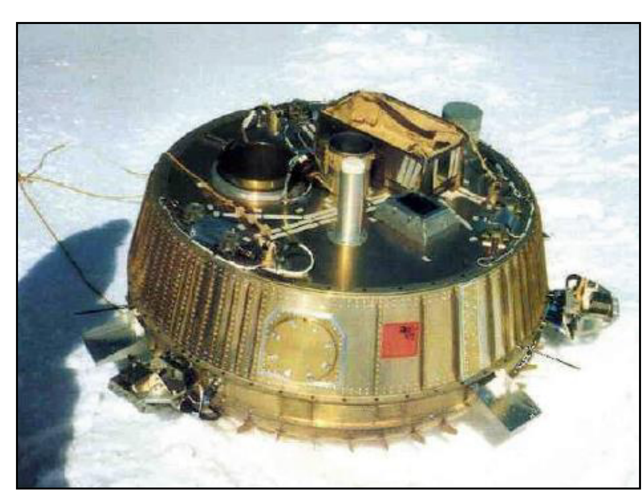
Para esta prueba se montó un modelo especial de tamaño completo de la sonda Huygens, designada SM-2, la estructura interna estaba diseñada para volar de manera estándar, al igual que los mecanismos de liberación de la cubierta trasera, el casco protector delantero y el subsistema de control de descenso, se agregó un soporte especial para conectar la sonda y una góndola para permitir una separación pirotécnica, con separación umbilical proporcionada por un cordón, se elevó a una altitud de aproximadamente 38 Km mediante un globo estratosférico, luego, la sonda era separada de la góndola por comandos desde tierra para la prueba de descenso en paracaídas.

El sistema eléctrico fue diseñado especialmente para cumplir con los objetivos de la prueba de caída, alimentada con baterías recargables de Ni-Cd, el sistema de adquisición de datos y telemetría gestionaba las interfaces con los diversos sensores, proporcionando conversión de señal y acondicionamiento de las salidas del sensor, formateando los datos y transmitiendo por un transmisor de Banda S (2W) utilizando el enlace de telemetría entre la sonda y la góndola a una frecuencia de 2.2515 GHz y tenía un alcance de enlace de hasta 18 Km en un ángulo de 55°; podía ser comandada desde tierra a través de la góndola hasta el momento de la separación; a partir de entonces, funcionaba de manera autónoma, los instrumentos de la sonda determinaron la altitud, posición horizontal, velocidad vertical/horizontal, velocidad del eje de balanceo, guiñada/cabeceo y también datos de sincronización e imágenes visuales, la revisión de aceptación de vuelo se completó con éxito el 4 y 5-04-1995, la campaña de prueba comenzó el 17-04-1995 en la Estación de Lanzamientos de Cohetes y Globos ESRANGE de la Swedish Space Corporation, el 12-05-1995 se llevó a cabo con éxito un ensayo general completo, cuyo funcionamiento de la góndola, la sonda y la estación de tierra se verificó mientras se comandaba la sonda, igual que durante el vuelo real, una revisión de aceptación de vuelo realizada el 13-05-1995 demostró que todos los sistemas estaban listos.

Los objetivos científicos de la prueba fueron demostrar la secuencia de descenso en condiciones dinámicas, el funcionamiento del subsistema de descenso, incluido el despliegue, inflado, coeficiente de arrastre, resistencia estructural y estabilidad de los paracaídas; dispositivo de despliegue del paracaídas; separación de la cubierta trasera; separación del escudo frontal; mecanismo de lanzamiento del paracaídas; funcionamiento de las paletas de giro bajo el paracaídas estabilizador y para proporcionar los datos necesarios para correlacionar las predicciones con los resultados del vuelo; la prueba de caída se llevó a cabo el 14-05-1995, permitiendo que la secuencia de vuelo se concluyera con un modelo a escala completa, y demostró el correcto despliegue del paracaídas, con presiones dinámicas correctas y liberación/separación del escudo frontal; aunque el paracaídas y mecanismos individuales ya habían sido probados a nivel de sistema/subsistema, el test SM-2 demostró la secuencia de descenso en condiciones dinámicas reales por primera vez y proporcionó la confianza necesaria con respecto al modelo de vuelo de descenso en la atmósfera de Titán.







Pruebas sobre rayos

El rayo es la descarga repentina de alta corriente causada por una anomalía eléctrica de la atmósfera, para que esto ocurra, primero debe ocurrir algún tipo de separación de carga, generalmente creada por procesos convectivos que involucran gotas, los rayos pueden causar daños por el calentamiento local de la descarga, el choque mecánico y por los altos campos eléctricos/magnéticos de la corriente asociada con la descarga.

Los peligros potenciales de la carga triboeléctrica (mecanismo mediante el cual un vehículo aeroespacial se carga al volar a través de una nube de gotas con carga eléctrica) y los rayos, fueron considerados incluso durante las primeras etapas de planificación de la misión de la sonda Huygens, una evaluación inicial de peligros realizada, sugirió que el peligro sería menor que el de los aviones; las especificaciones de rayos terrestres se impusieron por lo tanto en los sistemas y experimentos de la sonda; el peligro fue reexaminado en 1993 en respuesta a las posibles dificultades y gastos de cumplir con esta especificación.

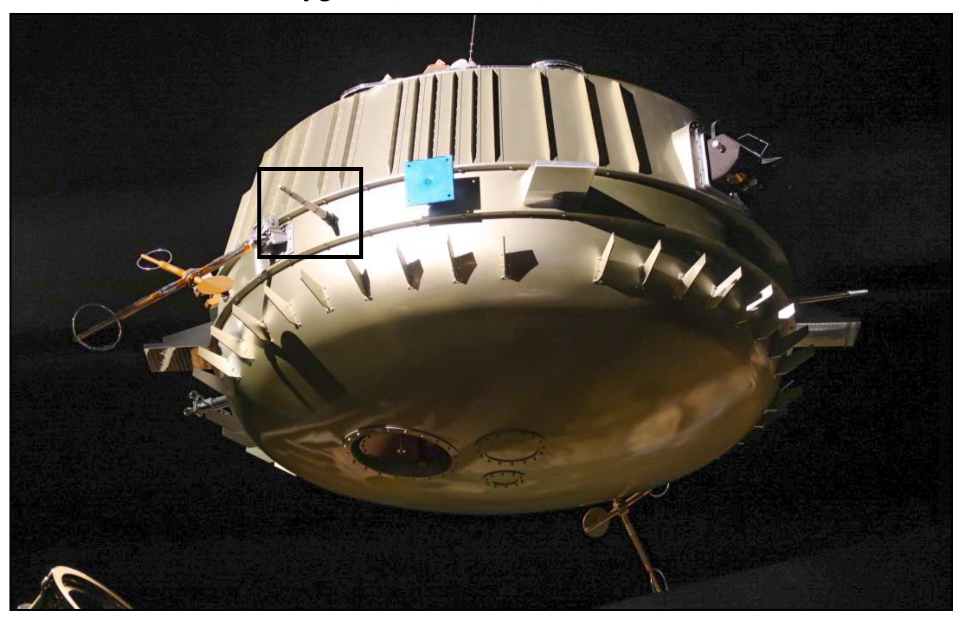
La probabilidad de que impactase en la sonda un rayo de 6 J de energía, tomando que el descenso de la sonda era de aproximadamente 2 hs y estar dentro del Km^2 era de aproximadamente 0,001 %, eran posibles golpes de mayor energía, pero ocurrirían con una probabilidad mucho menor, por lo que el nivel de riesgo del 1 % obtenido en la primera estimación parecía ser un límite superior extremo; además, como la troposfera de Titán posee 40 Km de profundidad, la probabilidad de que la sonda estuviera a la misma altitud que un rayo era menor que las cifras anteriores; en cualquier caso, este nivel de peligro correspondía a un impacto relativamente débil, mucho más débil que un rayo terrestre.

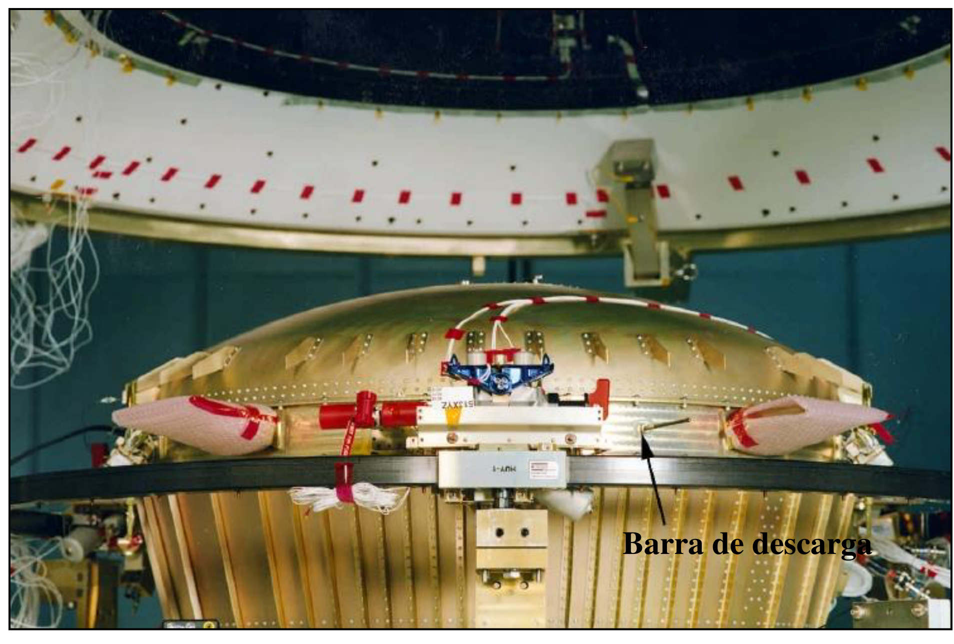
Los argumentos anteriores se refieren al caso en el que la sonda volara hacia un área donde se estuvieran produciendo rayos. Sin embargo, las descargas de rayos en las aeronaves pueden ocurrir en las nubes (y, en raras ocasiones en lugares despejados donde no se han observado rayos anteriormente, denominado rayo activado por aeronave, cuando el gran cuerpo conductor de la aeronave intensifica un campo eléctrico existente), un ejemplo es el cohete Saturn V de 110 m de largo en el lanzamiento de la misión Apollo-12, que fue golpeado mientras ascendía a través de una nube sobre Cabo Cañaveral en 1969, el efecto es esencialmente el mismo que el de un pararrayos, una diferencia de potencial sobre un espacio de aire genera un cierto campo eléctrico y si parte del entrehierro está cortocircuitado por un objeto conductor, entonces el campo eléctrico es mayor.



En 1978, las sondas Pioneer-Venus descendían a través de la atmósfera de Venus cuando de repente, a unos 12 Km de altitud sufrieron fallas todos los sensores externos (temperatura y radiómetros de flujo) esto podía deberse a algún tipo de efecto electrostático, el nefelómetro indicó que la atmósfera a estos niveles era clara, pero las cuatro sondas fallaron aproximadamente a la misma altitud separadas por miles de Km; a raíz del incidente de Pioneer-Venus, la sonda Galileo, en su misión a través de las nubes de Júpiter, estaba equipada con barras de descarga para disipar la acumulación de carga y protectores del tipo Jaula de Faraday en los sensores de temperatura externos.

En la sonda Huygens, se tomaron precauciones estándar de las naves espaciales contra la carga diferencial (requisitos mínimos de conductividad eléctrica de las superficies) la acumulación de carga eléctrica, como la carga triboeléctrica; se limitarían mediante la incorporación de tres barras de descarga separadas a 120°; en el caso (poco probable) de que fuera impactada por un rayo, los efectos se minimizarían gracias a la capa exterior de la sonda, que actuaría como una Jaula de Faraday, incluso la cavidad del Paquete de Ciencia de Superficie (SSP) estaba cubierta con una malla conductora, solo unas pocas áreas, que requerían contacto eléctrico con el exterior estarían expuestas, como las antenas de radio, el altímetro de radar y el paquete de Permisividad, Onda y Altímetro del Instrumento de Estructura Atmosférica Huygens (HASIPWA).



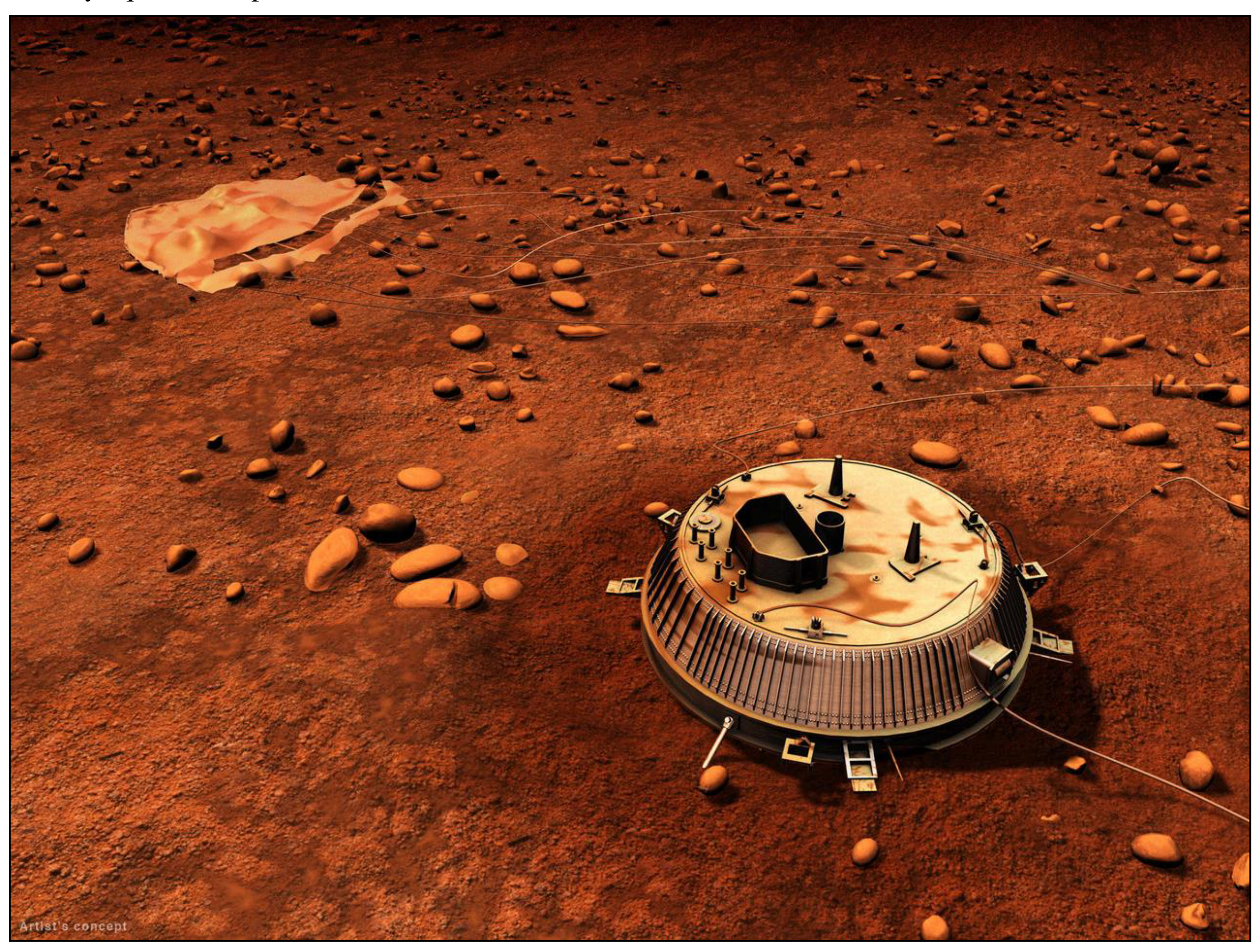


Objetivos científicos de la Sonda Huygens

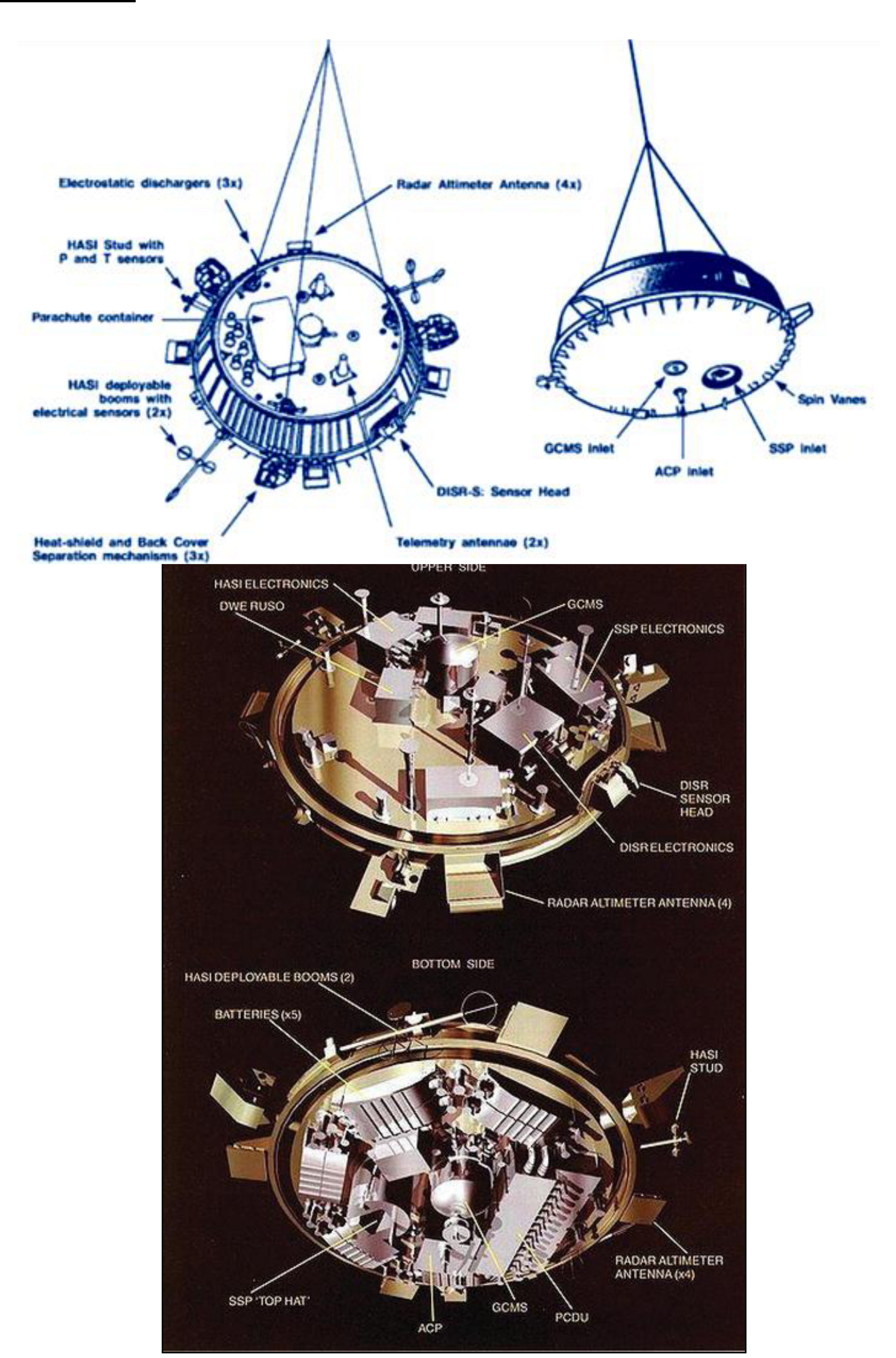
Determinar e investigar las fuentes de energía para la química atmosférica, estudiar las propiedades de los aerosoles y la física de las nubes, de particular interés era determinar las condiciones físicas en la región donde la sonda Voyager había observado la formación de neblinas, identificar los componentes que se condensan en esa parte de la atmósfera y cualquier dato que pudiera sugerir la existencia de nubes en la parte superior de la troposfera, medir los vientos y temperaturas globales, determinar las propiedades de la superficie y la estructura interna, investigar la atmósfera e ionosfera, realizar un estudio detallado in situ de la atmósfera de Titán y caracterizar la superficie del satélite a lo largo de la trayectoria de descenso y cerca del lugar de aterrizaje.

Tras la fase de entrada, al inicio de la fase de descenso y tras el despliegue del paracaídas (185 Km de altitud) todos los instrumentos tenían acceso directo a la atmósfera, los objetivos eran realizar mediciones detalladas en el lugar de la estructura, composición y dinámica de la atmósfera, imágenes y otras mediciones de la superficie por teledetección que se realizarían durante el descenso atmosférico; luego de un descenso de aproximadamente 2:05 hrs, la sonda aterrizaría en la superficie a 21 Km/h el 14-01-2015.

Huygens sobrevivió al impacto durante unos minutos, la carga útil incluyó la capacidad de realizar mediciones in situ para una caracterización de la superficie del lugar de aterrizaje, las baterías de la sonda podían proporcionar de 30 a 45 min de energía eléctrica para una fase científica de superficie extendida que sería la ventaja de la misión, se previó que el orbitador recibiera datos de la sonda durante 3 hrs, lo que incluía al menos una fase de superficie de 30 min, ya que el tiempo máximo de descenso era de 2:30 hrs.

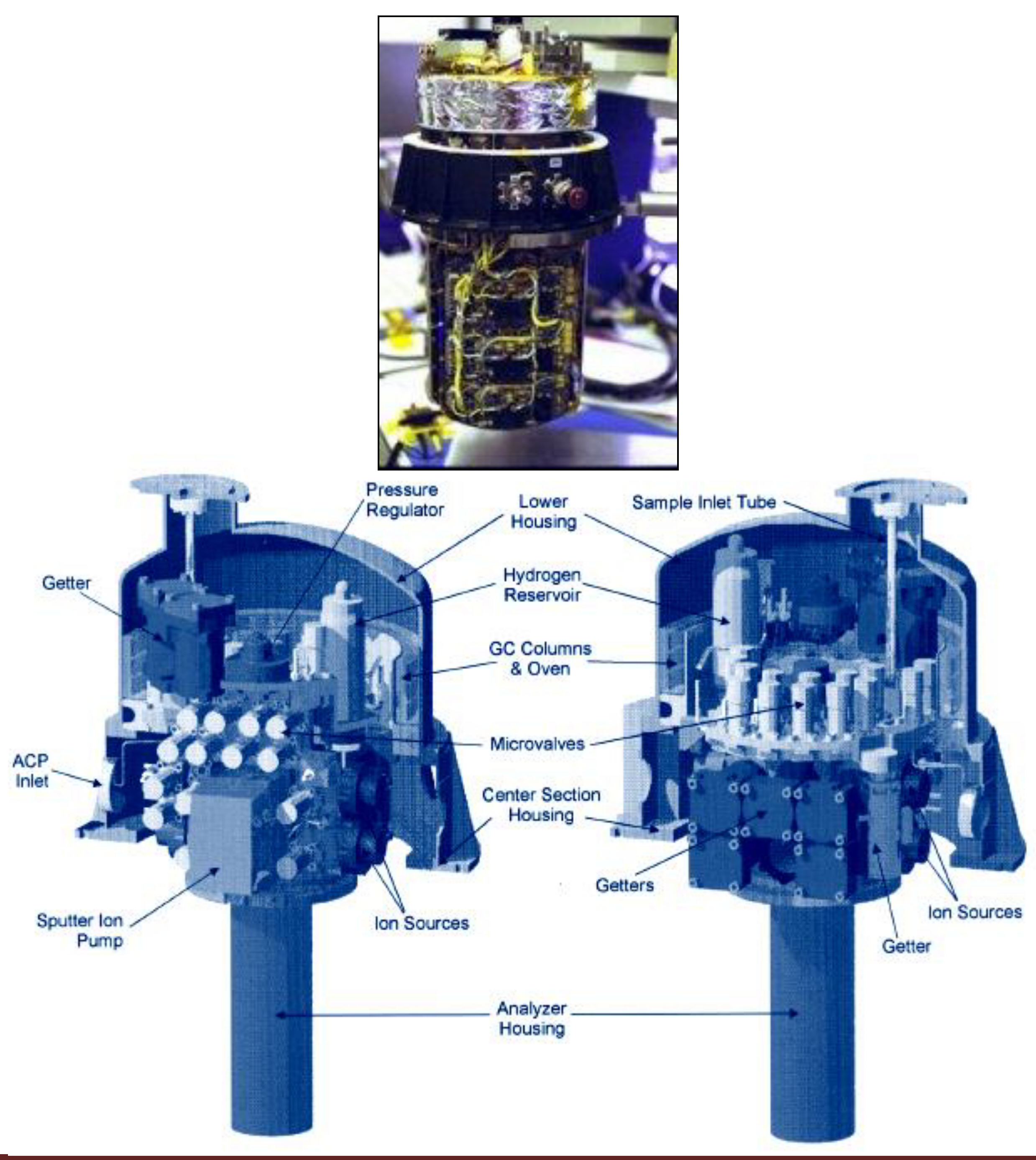


Instrumentos científicos



Cromatógrafo de Gases y Espectrómetro de Masas (GCMS)

Analizador químico de gases muy versátil diseñado para identificar y cuantificar la abundancia de los diversos constituyentes atmosféricos, con capacidad de analizar Argón y otros gases nobles, realizar mediciones isotópicas, el sistema de entrada del GCMS está ubicado cerca del vértice frente a la sonda, donde la presión dinámica impulsa el gas hacia el instrumento, funciona en el modo de espectrómetro de masas directo o en el modo más potente en el que la muestra de gas se pasa a través de las columnas del cromatógrafo de gases para separar componentes de masa similar antes del analizarlo con el espectrómetro de masas, el instrumento también está equipado con muestreadores de gas para el llenado a gran altura, equipado con una cámara de ionización separada para el análisis de los productos pirolizados, también podía, gracias a su entrada calentada, medir la composición de una muestra de superficie vaporizada en el caso de que el aterrizaje permitiera la recopilación y transmisión de datos durante varios minutos.



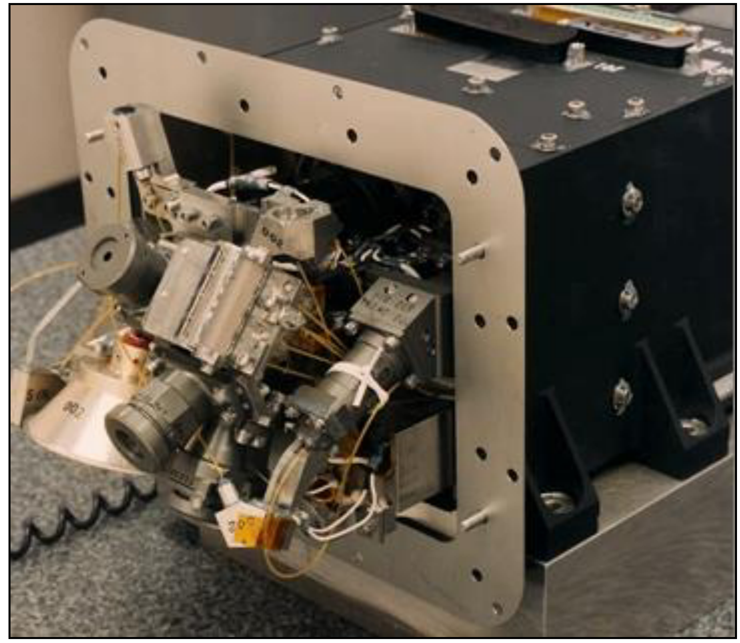
Colector y Pirolizador de Aerosoles (ACP)

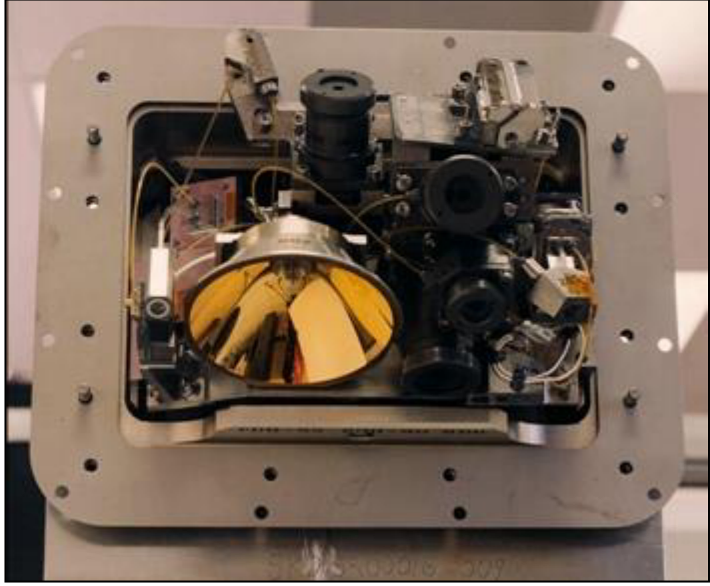
Diseñado para recolectar aerosoles para el instrumento GCMS y analizar sus composiciones químicos, equipado con un dispositivo desplegable que se utilizó dos veces para recoger muestras de los aerosoles en dos capas atmosféricas: la primera desde la parte superior de la atmósfera hasta unos 40 Km y la segunda en la capa de nubes a alrededor de 17 Km de altura, luego de la extensión del dispositivo de muestreo, una bomba extraía la atmósfera y sus aerosoles a través de filtros, al final de cada muestreo, el filtro se retraía a un horno donde los aerosoles se calentaban a tres temperaturas, para llevar a cabo una pirolisis escalonada, los volátiles se vaporizarían primero a la temperatura más baja, luego el material orgánico menos volátil más complejo, y finalmente el núcleo de las partículas, los productos pirolizados se transferían al GCMS para su análisis, proporcionando así espectros para cada paso de análisis.

Instrumento Óptico Multisensor Radiómetro Espectral/Imágenes Descendentes (DISR)

Capaz de obtener imágenes y realizar mediciones espectrales en un amplio rango del espectro óptico (UV-IR, 0,3-1,64 µm) una característica importante de Titán son sus aerosoles y su atmósfera espesa, donde la estructura de la temperatura está determinada por los procesos de transporte de calor radiactivo y convectivo, DISR midió los flujos de calor ascendentes y descendentes, un sensor medía la intensidad del halo solar, produciendo el grado de dispersión de la luz solar causada principalmente por la densidad de la columna de aerosoles a lo largo de la línea de visión, permitiendo también, deducciones sobre las propiedades físicas de los aerosoles; llevaba un instrumento de horizonte de vista lateral para obtener imágenes de las nubes, también tenía la capacidad investigar la naturaleza y composición de la superficie, dos cámaras (una visible, una IR) tomaban imágenes de la superficie formando panoramas y mosaicos a medida que la sonda giraba lentamente, pudiendo de esta manera saber laderiva de la sonda, contribuyendo a las mediciones del viento.

El brillo de la superficie de Titán es aproximadamente 350 veces mayor que el de la noche en la Tierra con Luna llena, si bien la iluminación de la superficie es adecuada para la obtención de imágenes, una lámpara de superficie era activada a varios metros de la superficie para proporcionar suficiente luz en las bandas de absorción de metano para las mediciones de reflectancia espectral, proporcionando una información única para el estudio del material de la superficie.





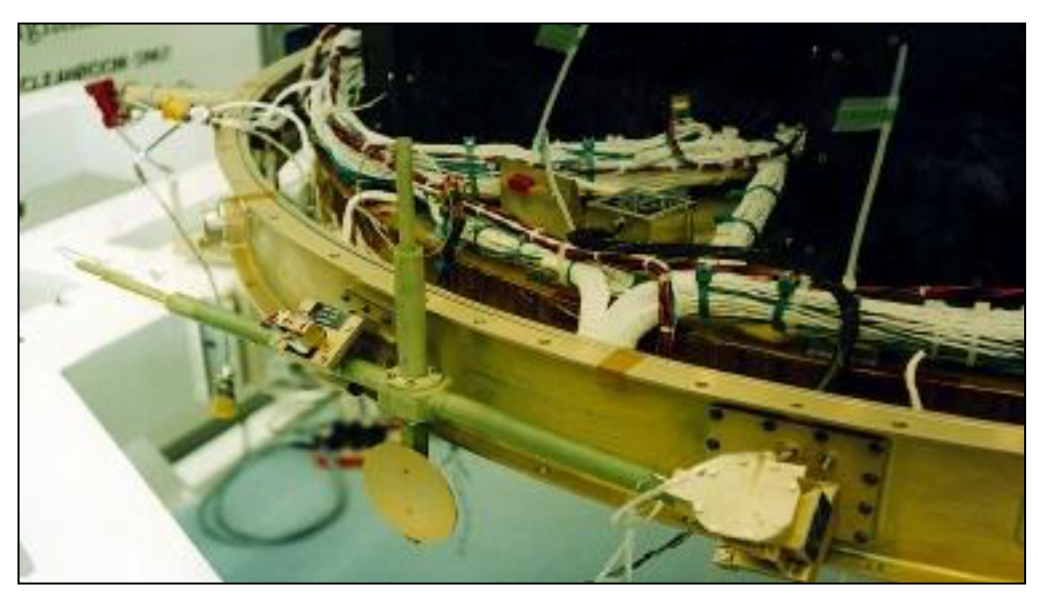
Instrumento Multisensor de Estructura Atmosférica Huygens (HASI)

Destinado a medir las propiedades físicas de la atmósfera, incluidas sus propiedades eléctricas, su conjunto de sensores comprendía un acelerómetro de 3 ejes, un conjunto redundante de un sensor de temperatura fino y uno grueso, un sensor de presión de rango múltiple y una matriz de sensores de campo eléctrico.

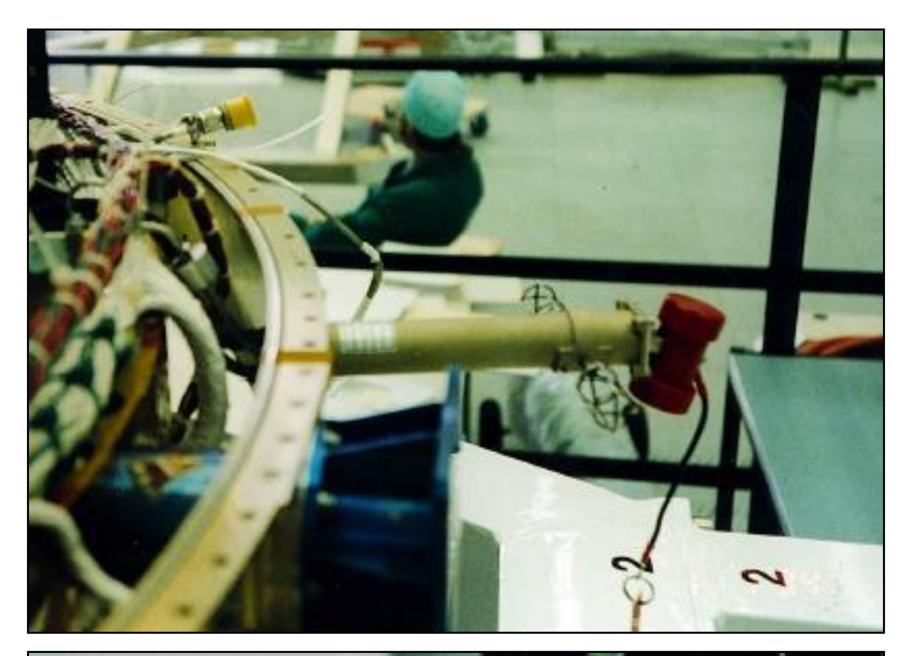
El conjunto de acelerómetros estaba optimizado específicamente para medir la desaceleración y el perfil térmico de la atmósfera durante la fase de entrada, el sensor de campo eléctrico comprendía una sonda para medir la conductividad iónica de la atmósfera y una matriz cuadripolar de electrodos para medir (utilizando la técnica de sonda de impedancia mutua) la permisividad atmosférica y la permisividad del material de la superficie antes y después del impacto, también utilizaban dos electrodos de la matriz cuadripolar como antena eléctrica para la detección de ondas electromagnéticas atmosféricas, como las producidas por los rayos.

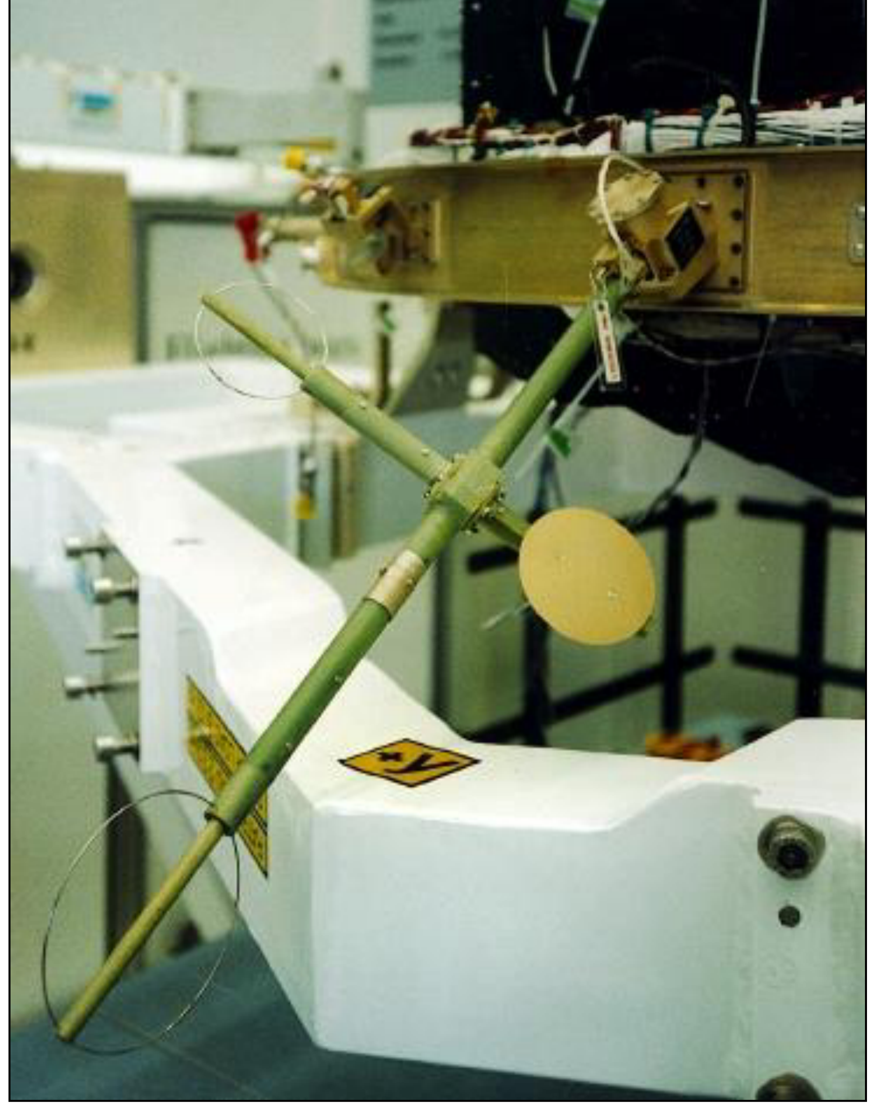
Varios de los sensores de HASI se alojaron en brazos, el ACC era una pequeña caja ubicada en el centro de gravedad de la sonda, el subsistema incluía cuatro acelerómetros, dos sensores de temperatura y su electrónica de proximidad y estaba conectada a la plataforma de experimentos, una entrada de tubo Pitot de presión total tipo Kiel, un tubo seccionado y un termómetro de Platino de alta resistencia estaban montados en un brazo fijo, lo suficientemente largo para sobresalir al flujo libre transmitía la presión y temperatura externa a los cabezales de los sensores dentro de la sonda, los sensores eléctricos (3) estaban montados en brazos desplegables (DBS) para minimizar los efectos de protección del cuerpo de la sonda.

La capacidad de procesar la señal reflejada en la superficie del altímetro de radar (el sensor de altitud era proporcionaba como parte del sistema de sonda, añadido al final del programa) le permitió devolver información importante sobre la topografía de la superficie y las propiedades del radar debajo de la sonda a lo largo de su trayectoria de descenso, el sensor de proximidad y altímetro radar es un radar FMCW con canales redundantes a 15.4 GHz y 15.8 GHz, y funcionando en modo servo, manteniendo la primera constante de frecuencia intermedia (IF) a 200 KHz, esta señal IF, que contiene información sobre las propiedades de la superficie y la velocidad de descenso, además de ser procesada internamente, se almacena en un búfer y envía a la extensión del altímetro de radar en el experimento HASI, la señal se convierte en una segunda IF a 10 KHz filtrada; el procesador de señal realiza la transformación de Fourier, su integración digital y control de la adquisición de datos antes de pasarla al convertidor y al procesador de señales.








+Y

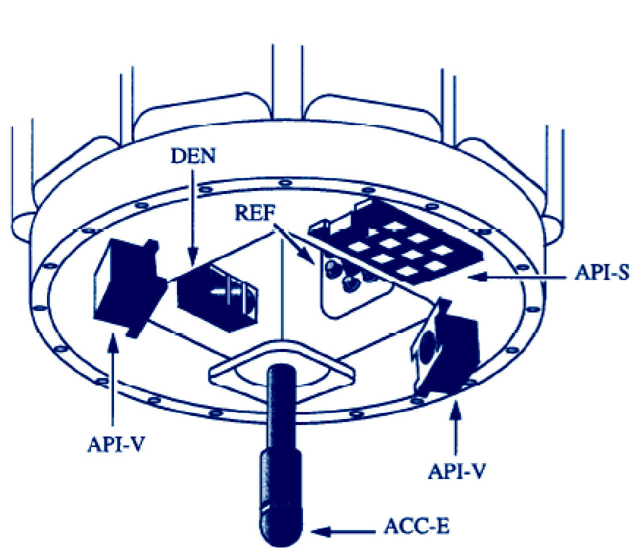
Experimento de Viento Doppler (DWE)

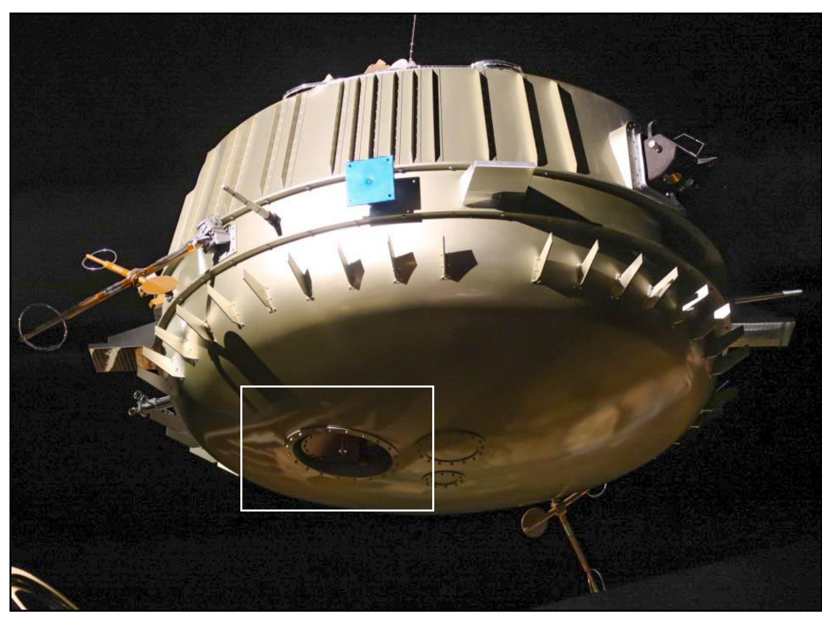
Este experimento utilizó una de las dos cadenas redundantes del enlace de radio Sonda/Orbiter, se requirió la adición de dos osciladores ultraestables a una cadena del subsistema de retransmisión de datos, el transmisor de la sonda proporciona una frecuencia portadora muy estable al enlace radial con el Orbiter; el receptor a bordo del Orbiter proporcionó una señal de referencia precisa para el procesamiento Doppler de la señal portadora recibida.

La deriva de la sonda por el viento inducía a un desplazamiento Doppler medible, y esa firma se extraía a bordo del Orbiter fusionándose con el flujo de datos de la sonda recibidos en los registradores de estado sólido, los transmisores/receptores también estaban equipados con los mismos osciladores estándar que equipaban al enlace de relé de radio.

Paquete de Ciencia de Superficie (SSP)

Comprendía un conjunto de sensores para determinar las propiedades físicas de la superficie en el lugar del impacto y para proporcionar información única sobre la composición del material de la superficie, el paquete SSP incluye un transductor de fuerza para medir la desaceleración del impacto y otros sensores para medir el índice de refracción, temperatura, conductividad térmica, capacidad calorífica, velocidad del sonido y constante dieléctrica del material (líquido) en el lugar del impacto, también incluye una sonda acústica que se activaba unos cientos de metros antes para sondear la capa inferior de la atmósfera y las características físicas de la superficie antes del impacto, la sonda acústica se utilizó para sondear la profundidad del líquido, se incluyó un sensor de inclinación para indicar la actitud de la sonda después del impacto, aunque el objetivo principal de este instrumento era investigar la superficie, varios sensores contribuyeron significativamente a estudios de las propiedades atmosféricas durante toda la fase de descenso.





Acelerómetro Externo (ACC-E) Propiedades Acústicas (API-V)
Propiedades Acústicas/Sonar (API-S) Densidad (DEN) Refractómetro (REF)

Lanzamiento

Fue lanzada el 15-10-1997 a bordo de un cohete Titan-4B/Centaur desde la Estación Aérea de Cabo Cañaveral (esta oportunidad de lanzamiento permitía alcanzar Saturno en 6,7 años, la ventana primaria se extendió del 6-10 al 4-11, con días de contingencia disponibles hasta el 15-11; hubo oportunidades de lanzamiento posteriores (que sumaban 2 años al tiempo total de vuelo a Saturno, sin incluir un sobrevuelo de Júpiter) en diciembre-1997 y marzo-1999, pero fueron menos favorables desde el punto de vista científico y del rendimiento del lanzamiento (el ángulo de fase de visión solar y terrestre de los anillos sería mucho menos favorable en 2008-2012 que en 2004-2008).

Con un peso de lanzamiento de 5548 Kg, la nave era demasiado pesada para un vuelo directo a Saturno, por ese motivo se requirió asistencia de gravedad de varios planetas: Venus (abril-1998 y junio-1999) la Tierra (agosto-1999) y Júpiter (diciembre-2000) el sobrevuelo terrestre fue la última instancia en la que la sonda planteó algún peligro concebible para los seres humanos, debido a que llevaba los RTG. Sin embargo la maniobra fue exitosa, pasando a 1171 Km sobre la Tierra el 18-08-1999.



El Glenn Research Center fue responsable de integrar la nave espacial con el vehículo de lanzamiento y de diseñar las modificaciones de hardware y software de la misión necesarias para esa integración; para apoyar estas tareas, el G. R. C. contrató a Lockheed Martin Corporation que proporcionó el servicio de lanzamiento, en estrecha cooperación con la USAF, que administraba el programa Titán IV-B y el Jet Propulsion Laboratory (JPL) que administraba la nave y la misión en general.

Después del lanzamiento, se descubrió que los datos enviados desde la sonda al Centro de Control de Misión de la ESA eran en gran parte ilegibles, se descubrió que los ingenieros no habían permitido el desplazamiento Doppler entre el módulo Huygens y Cassini, por lo que, el receptor de la nave Cassini no podría recibir datos de la sonda Huygens durante su descenso en Titán, finalmente se encontró una solución alternativa; para recuperar la misión, se modificó la trayectoria para reducir la velocidad de la línea de visión y también el desplazamiento Doppler, reemplazando dos órbitas antes de la misión Huygens por tres órbitas más cortas.



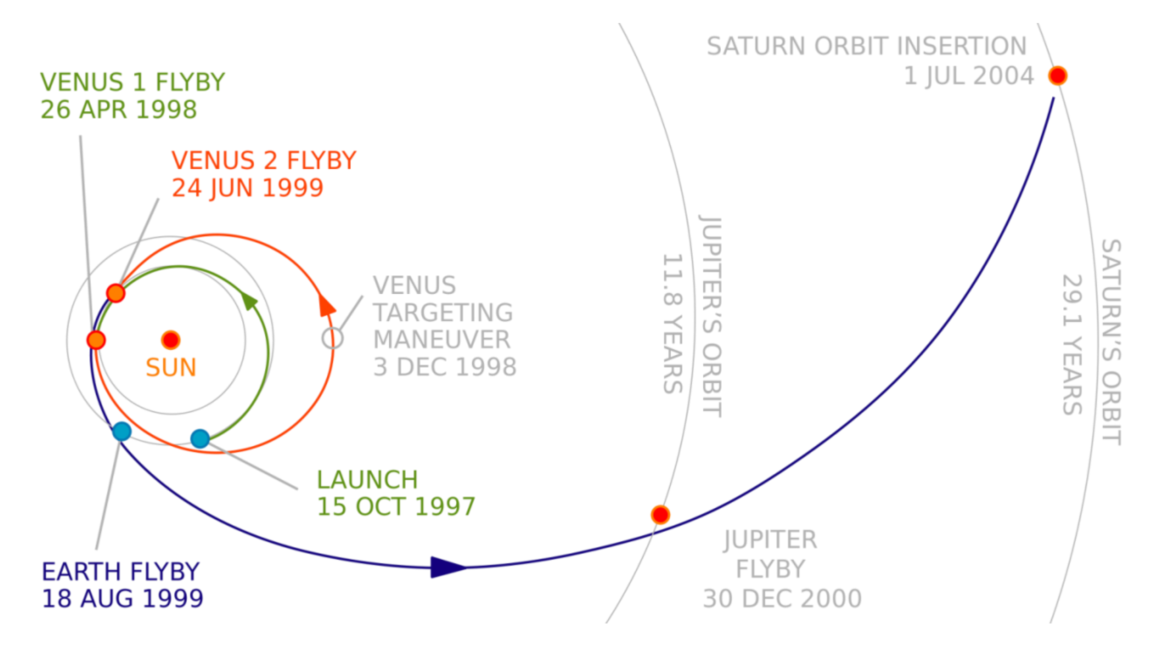


CAPSULA ESPACIAL
Revista digital de astronáutica y espacio
AVIACION
Aventurer de los cielos
Wilburt y Orville Wright
Revista N° 41 - 2019
Laser Aerotransportado
Revista N° 47 - 2019
Revista N° 18 - 2019
CAPSULA ESPACIAL
Aviación
VISITENOS
CAPSULA-ESPACIAL.BLOGSPOT.COM

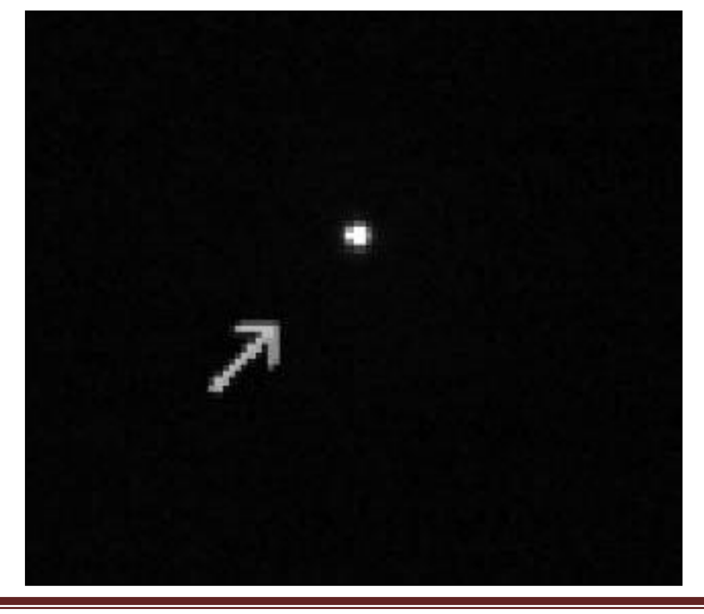
Sobrevuelos planetarios

Sobrevuelos Venus-Tierra-Luna

La nave Cassini-Huygens realiza dos sobrevuelos de Venus con asistencia gravitacional el 26-04-1998 y el 24-06-1999; el 18-08-1999, hace un sobrevuelo de la Tierra con ayuda gravitacional y sobrevuela la Luna a una distancia de 377000 Km, tomando una serie de fotos de calibración; estos sobrevuelos le proporcionan el impulso suficiente para viajar hasta el cinturón de asteroides; el 15-04-2008, el equipo de la Misión Cassini recibe fondos para una misión extendida llamada Cassini Equinox Mission de 27 meses, comenzando el 1-07-2008(coincidiendo con el equinoccio de Saturno) y consistía en 60 órbitas de Saturno, con 21 sobrevuelos a Titán, 7 de Enceladus, 6 de Mimas, 8 de Tethys y un sobrevuelo a Dione, Rhea y Helene; luego se presenta una propuesta a la NASA para una nueva extensión de la misión denominada provisionalmente misión extendida o XXM que incluía 155 órbitas a Saturno, 54 sobrevuelos de Titán y 11 a Enceladus; fue aprobada en febrero de 2010 y se le cambió el nombre a Cassini Solstice Mission.



Antes de su paso por Júpiter, el 23-01-2000, la nave Cassini-Huygens realiza un sobrevuelo del asteroide 2685 Masursky, tomándole fotografías en un período de 5-7 hrs antes del sobrevuelo a una distancia de 1600000 Km estimándose su diámetro en 20 Km.



Sobrevuelo de Júpiter

Hizo su sobrevuelo más cercano a Júpiter el 30-12-2000, haciendo mediciones científicas y tomando fotografías durante 6 meses sobre el planeta, sus anillos y sus lunas, la nave pudo crear la imagen global más detallada del planeta hasta el momento, en el que las características visibles más pequeñas tenían aproximadamente 60 Km de ancho.

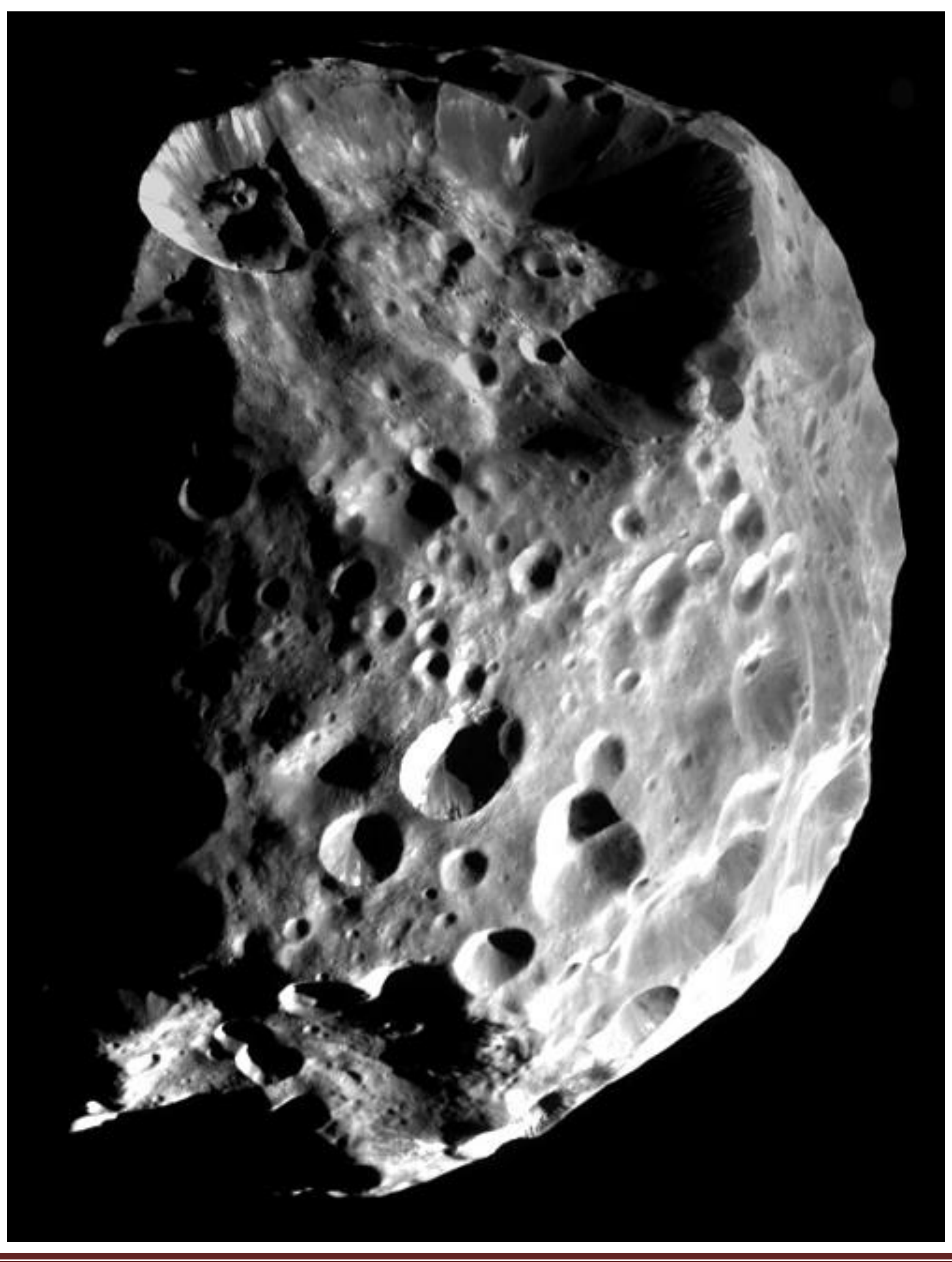
Un hallazgo importante del sobrevuelo, fue la circulación atmosférica de Júpiter, donde los cinturones atmosféricos oscuros se alternan con las zonas claras, los científicos habían considerado durante mucho tiempo las zonas, como áreas de aire ascendente, en parte porque muchas nubes en la Tierra se forman donde el aire se eleva, pero el análisis de las imágenes de la nave Cassini mostraron que las células de tormenta individuales de las nubes ascendentes de color blanco brillante (demasiado pequeñas para verlas desde la Tierra) aparecen casi sin excepción en los cinturones oscuros. Otras observaciones atmosféricas incluyeron un óvalo oscuro de neblina atmosférica, aproximadamente del tamaño de la Gran Mancha Roja; cerca del polo N, imágenes IR revelaron aspectos de la circulación cerca de los polos, con bandas de vientos que rodean el planeta y bandas adyacentes que se mueven en direcciones opuestas; la dispersión de la luz por las partículas en los anillos mostró que estas tenían una forma irregular (en lugar de esféricas) y probablemente se originaron como eyecciones de impactos de micrometeoritos en las lunas Methys y Adrastea.

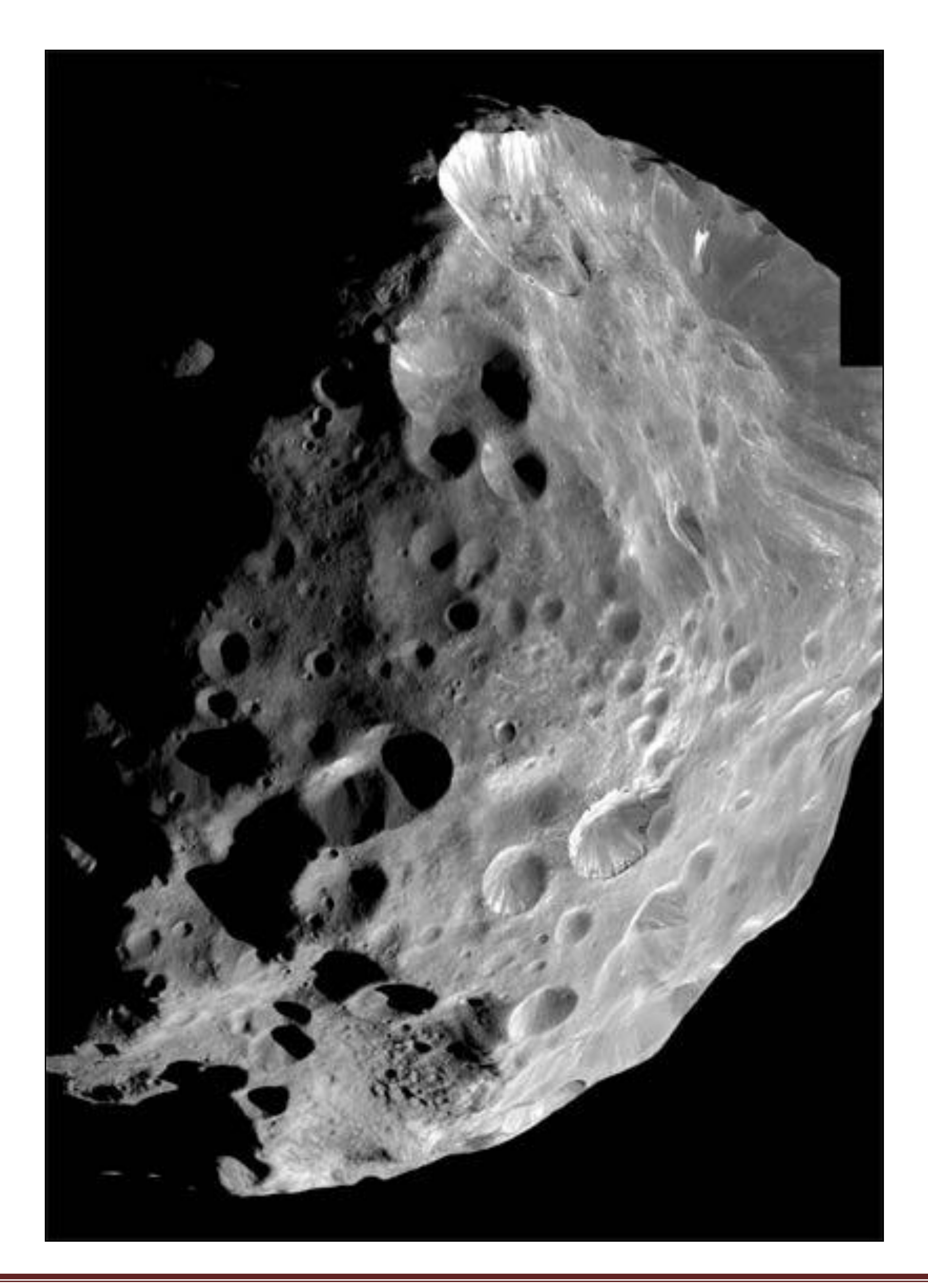




Phoebe

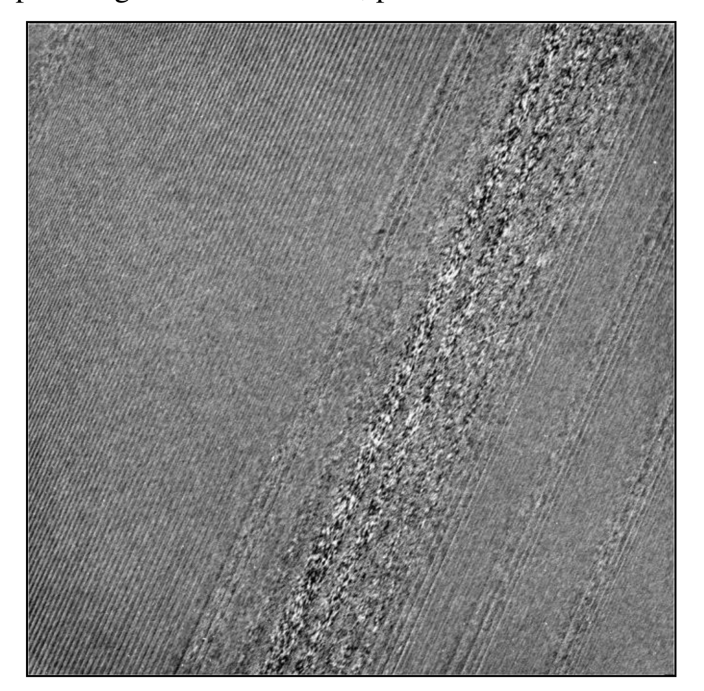
Entrando al sistema de Saturno, el 11-06-2004, la nave Cassini sobrevuela la luna Phoebe, siendo la primer oportunidad para realizar estudios de cerca de esta luna (la sonda Voyager 2 realizó un sobrevuelo distante en 1981 sin poder enviar imágenes detalladas) y el único sobrevuelo posible para Phoebe, debido a la mecánica de las órbitas disponibles alrededor de Saturno; las primeras imágenes cercanas se recibieron el 12-06-2004, donde mostraban que la superficie de Phoebe era diferente a los asteroides observados por otras naves espaciales, parte de su superficie craterizada era muy brillante, por lo que se cree que existe una gran cantidad de hielo de H_2O debajo de su capa de regolito superficial.

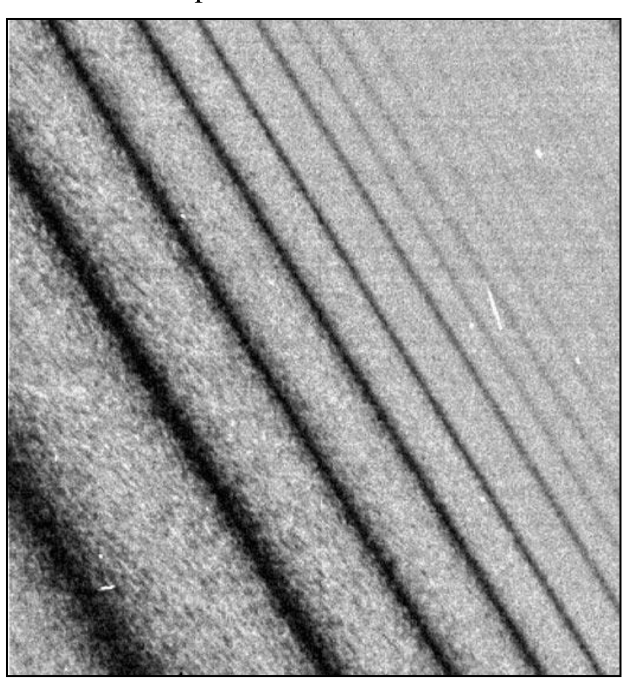


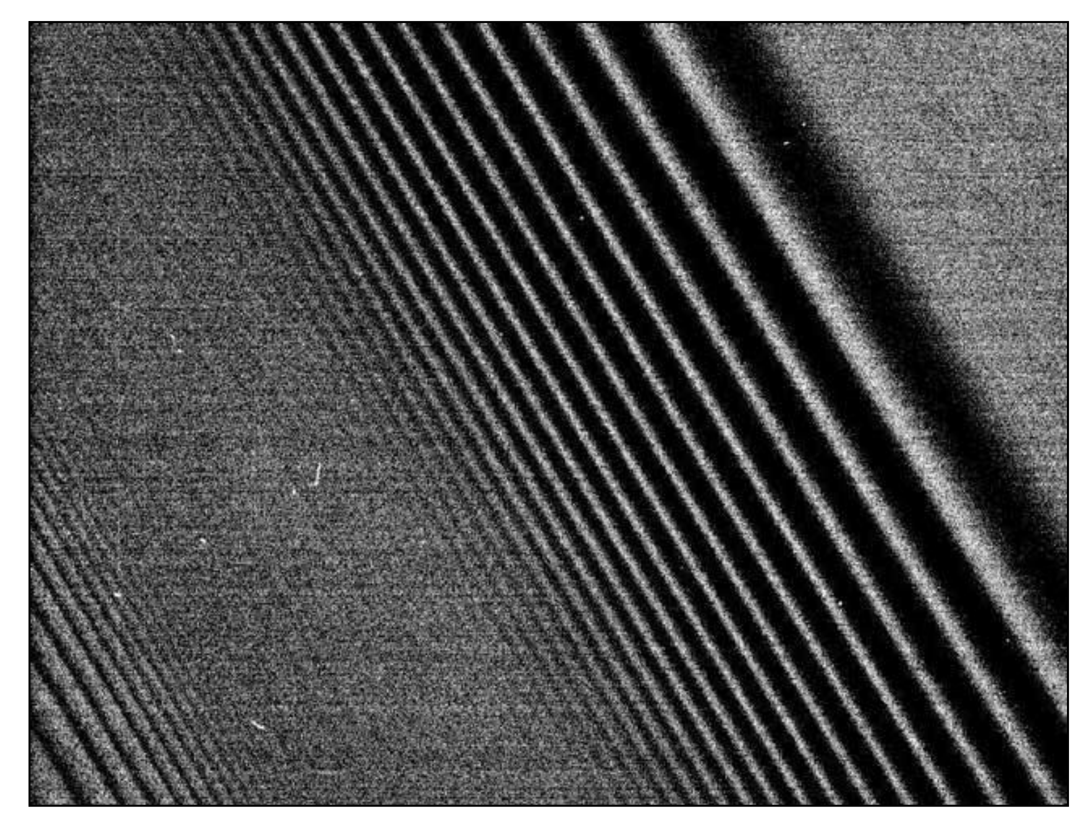


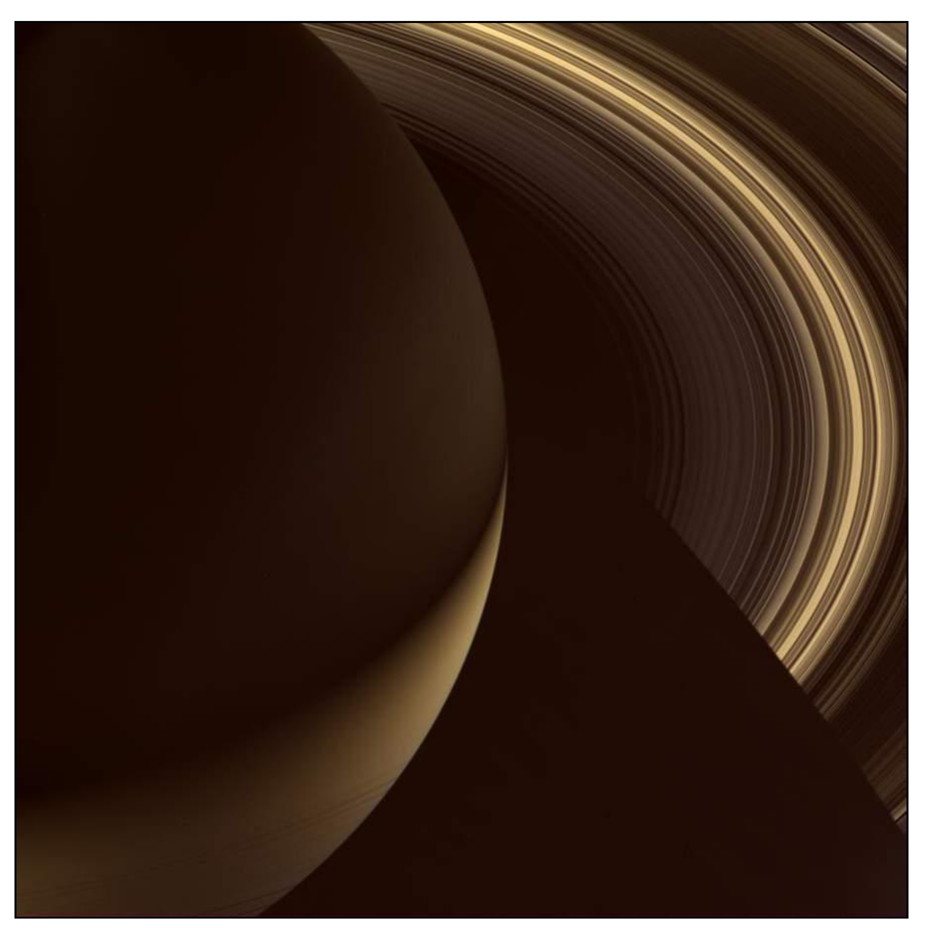
Saturno

El 1-07-2004, la nave Cassini vuela a través del espacio entre los anillos F y G y alcanza la órbita, después de un viaje de 7 años, la maniobra de Inserción Orbital de Saturno fue compleja, requiriendo que la nave orientara su Antena de Alta Ganancia a lo largo de su trayectoria de vuelo, para proteger sus instrumentos de las partículas en los anillos de Saturno; una vez cruzado el plano del anillo, giraba nuevamente para apuntar su motor a lo largo de su trayectoria de vuelo, y luego encender el motor para desacelerar la nave a 2239 Km/h y permitir que Saturno la capturara gravitacionalmente, pasando a 20000 Km de las nubes mas altas del planeta.

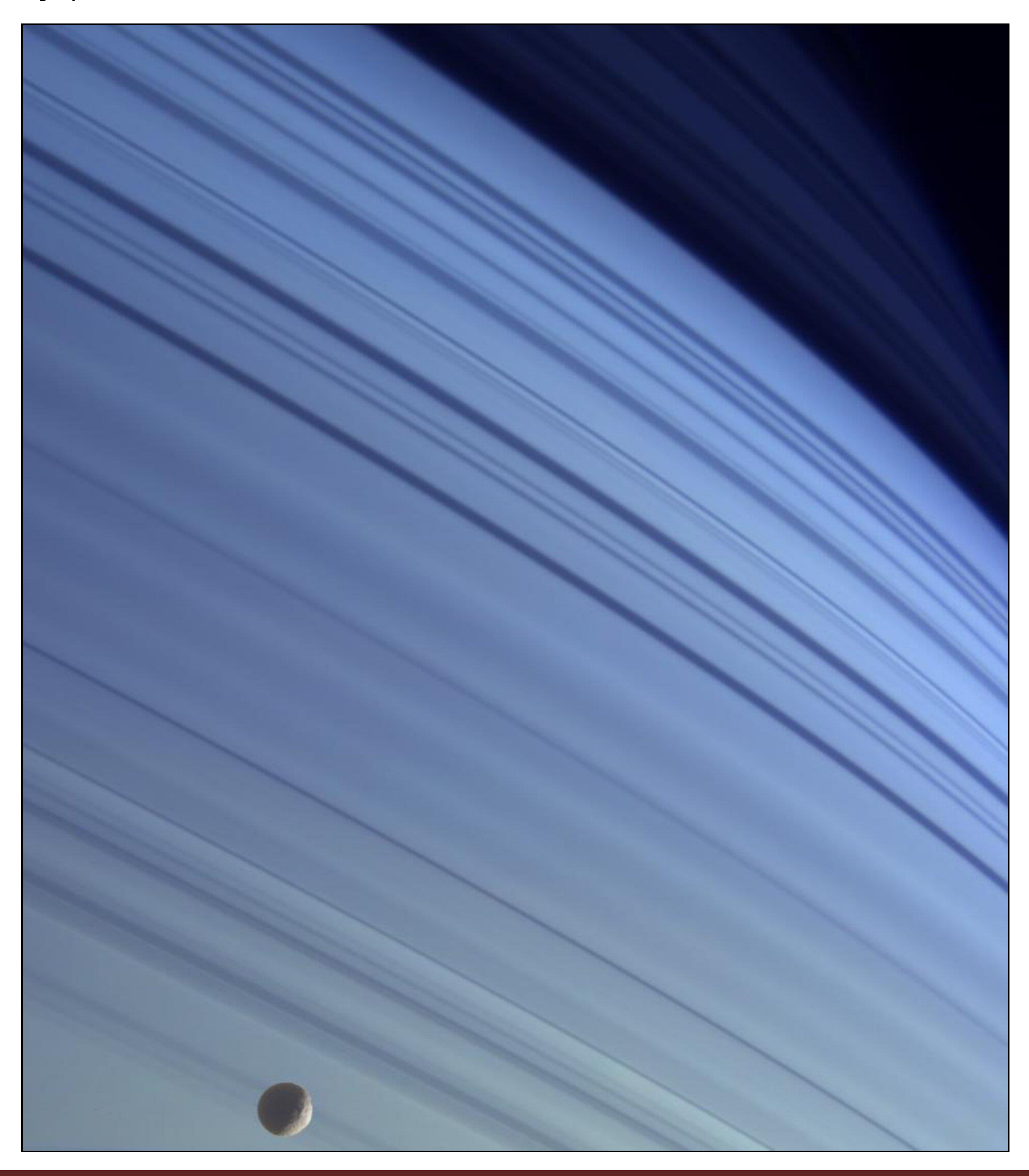




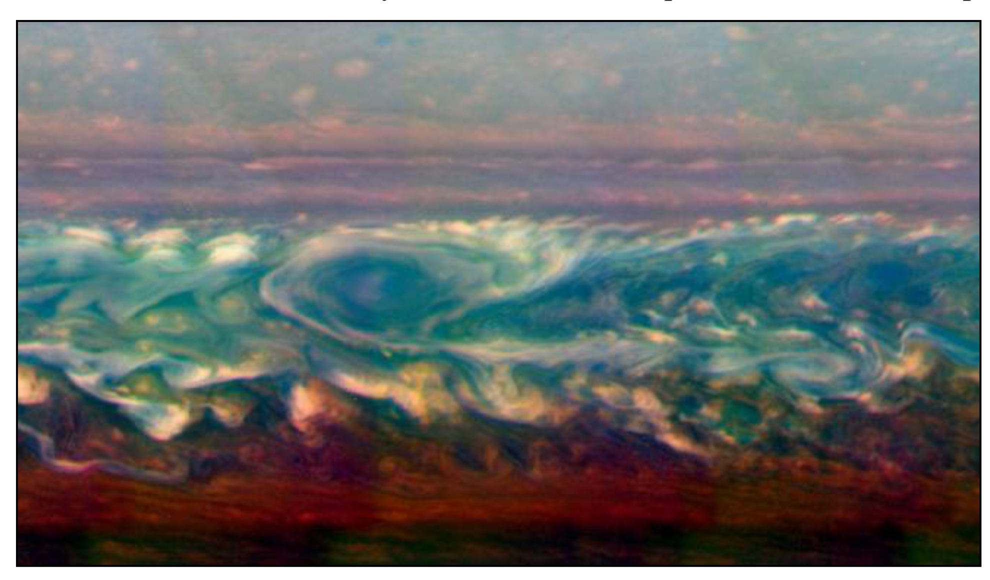


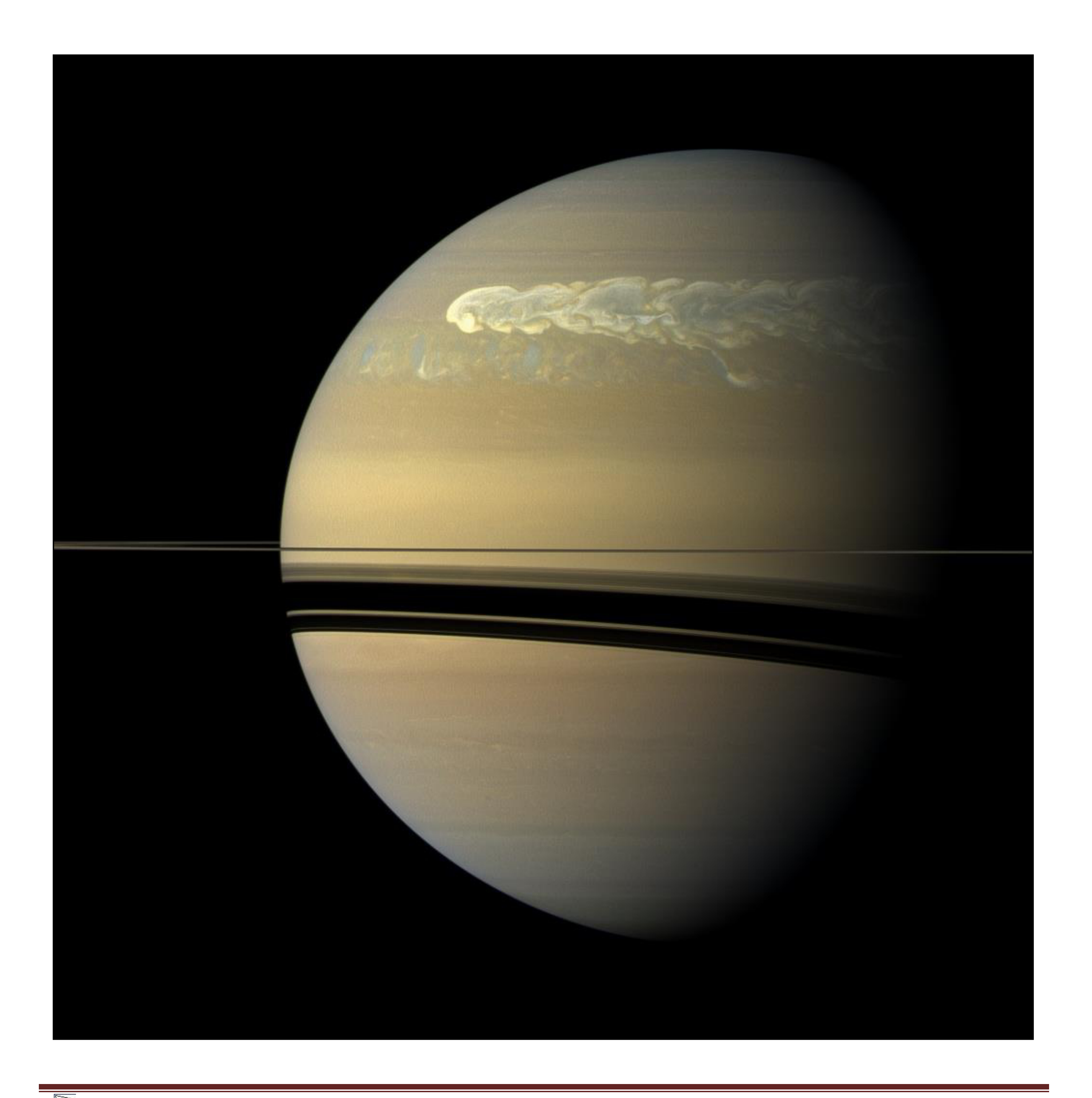


El hemisferio N de Saturno es de un color azul, más acorde con Urano o Neptuno, los rayos de luz aquí viajan un camino mucho más largo a través de la atmósfera superior relativamente libre de nubes, a lo largo de este camino, los gases de la atmósfera dispersan eficazmente rayos de luz azul de longitud de onda más corta, y es esta luz dispersa la que le da a la región su apariencia azul, no se sabe por qué la atmósfera superior en el hemisferio N está tan libre de nubes, pero puede estar relacionado con temperaturas más frías provocadas por las sombras de los anillos proyectadas allí, desde 2012 hasta 2016, este hemisferio cambia del color azulado al amarillo dorado.

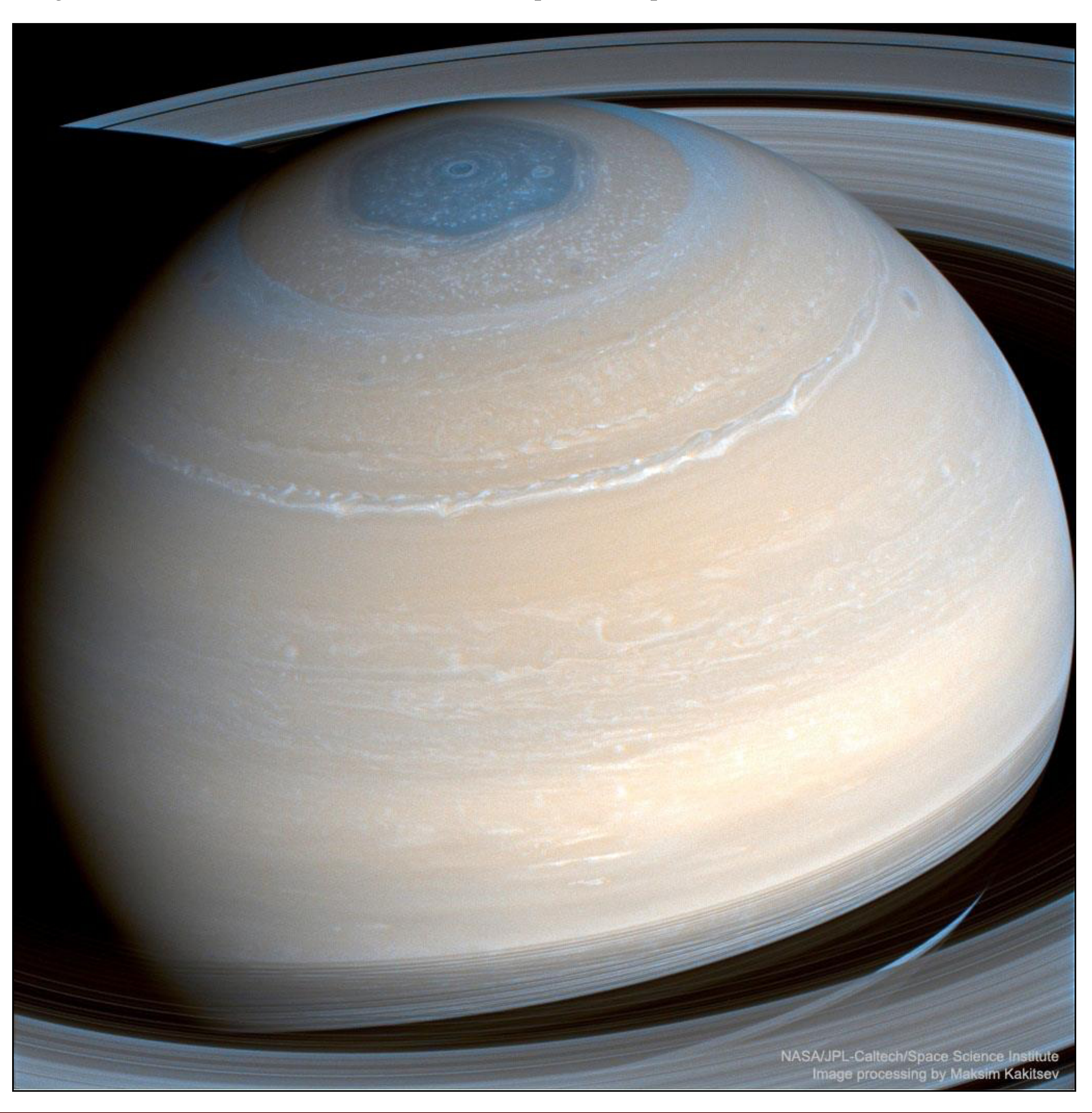


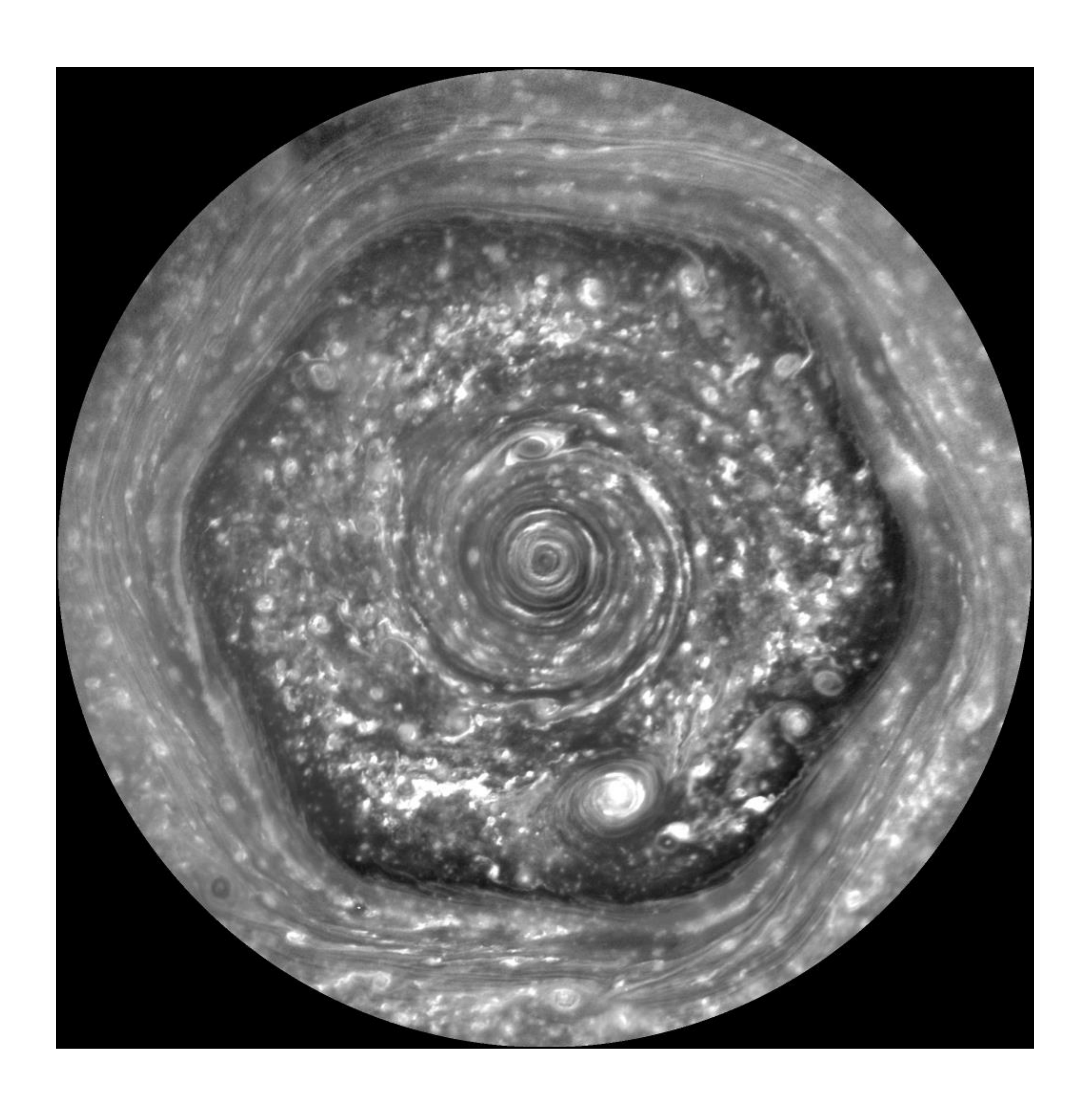
El 25-10-2012, Cassini fue testigo de las secuelas de la gran tormenta Gran Mancha Blanca que se repite cada 30 años terrestres en Saturno, los datos del CIRS indicaron una poderosa descarga de la tormenta que provocó un pico de temperatura en la estratosfera de Saturno 83 °C por encima de lo normal, simultáneamente, un gran aumento de gas Etileno fue detectado (muy poco común en Saturno y se produce tanto de forma natural como a través de fuentes artificiales en la Tierra) la tormenta que produjo esta descarga fue observada por primera vez por la nave el 5-12-2010 en el hemisferio N y es la primera de su tipo en ser observada por una nave espacial en órbita alrededor de Saturno, así como la primera en ser observada en longitud de onda IR térmica, lo que permitió a los científicos observar la temperatura atmosférica de Saturno y rastrear fenómenos que son invisibles a simple vista.





Un patrón nuboso en forma de hexágono persistente localizado en el polo N de Saturno, tiene una longitud aproximada de 13800 Km, toda la zona tiene un periodo rotacional de 10h 39m 24s, el mismo que las emisiones de radio que provienen del interior del planeta, el hexágono no se desplaza longitudinalmente como otras nubes en la atmósfera visible; descubierto durante la misión Voyager entre 1981 y 1982 y observado nuevamente por la nave Cassini en 2006, captando imágenes térmicas con una cámara de IR hasta que, en 2009, la zona se vio expuesta a la luz solar, en ese momento, la nave filmó un video de la zona mientras se movía a la misma velocidad que el planeta, captando únicamente el movimiento de la tormenta; se cree que el hexágono se forma en zonas donde hay un alto gradiente latitudinal en la velocidad de los vientos atmosféricos de Saturno; entre 2012 y 2016, el patrón de nubes hexagonales persistentes cambia de un color mayormente azul a un color más dorado, una teoría para esto es un cambio estacional, la exposición prolongada a la luz solar puede crear neblina a medida que el polo gira hacia el Sol; de acuerdo con observaciones del Telescopio Espacial Hubble, el polo S de Saturno no posee un hexágono, sin embargo, existe un vórtice, similar al existente en el polo N del planeta.



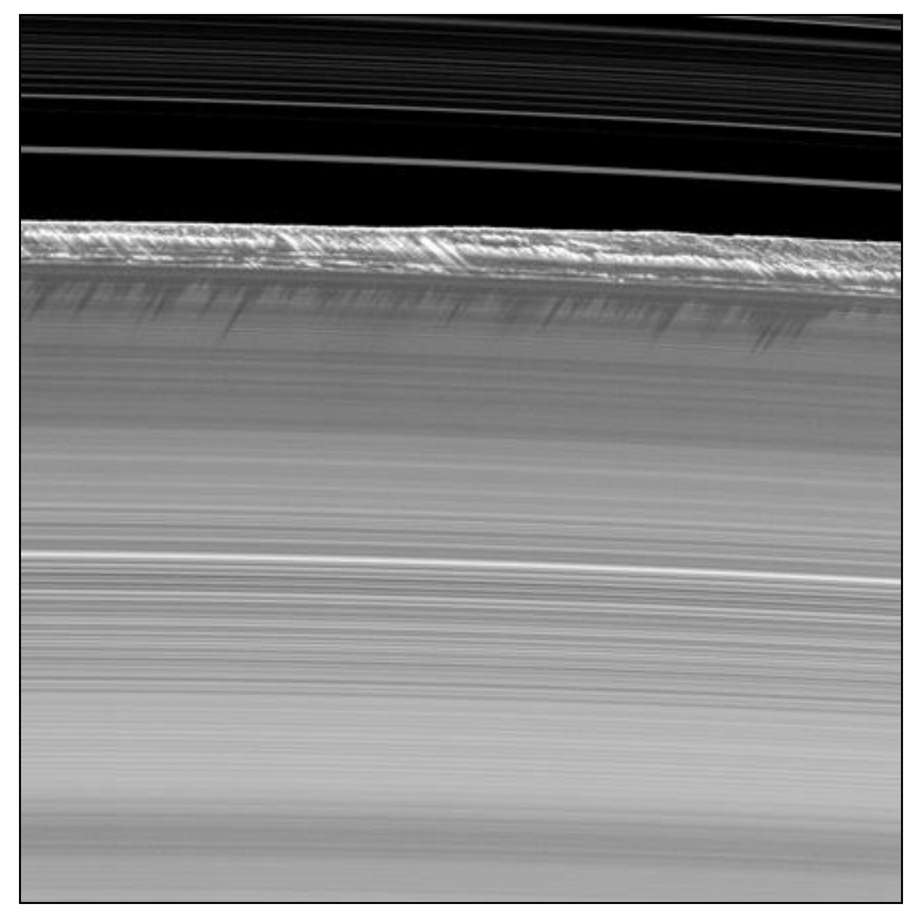


Anillos

Durante los años en que la nave Cassini estuvo en órbita alrededor del planeta gaseoso, se pudieron observar cambios temporales en el sistema dinámico de anillos, tanto en los lados iluminados por el Sol como en aquellas zonas en las que les daba la sombra, algunas regiones de los anillos de cambiaron en escalas de tiempo de semanas o meses, objetos de variado tamaño (de mm a Km) que orbitan en el anillo A cambiaron de ubicación a medida que interactuaban con el material vecino, aunque estos objetos eran demasiado pequeños para ser vistos directamente, formaban estructuras migratorias en forma de hélice tan grandes como miles de Km de longitud que fueron fotografiados por las cámaras y en ocultaciones estelares de los anillos, la nave también presenció signos de la posible formación de una luna nueva en el borde exterior del anillo A.

Las partículas que forman los anillos A y B son casi de hielo de H_2O pura, pero muestran una fuerte absorción UV que varía en fuerza a través de los anillos, lo que indica una variación en los componentes menores, un color rojizo de intensidad variable es más profundo donde la firma del hielo es más fuerte, los anillos probablemente se oscurecen con el tiempo al estar contaminados por el bombardeo de meteoritos; el anillo C, menos masivo y la División Cassini son más rojos que los anillos A y B; un anillo ubicado en la zona exterior de la División Cassini era apenas visible cuando la nave llegó en 2004, y estaba entre las características de los anillos que mas polvo tenía al final de la misión.

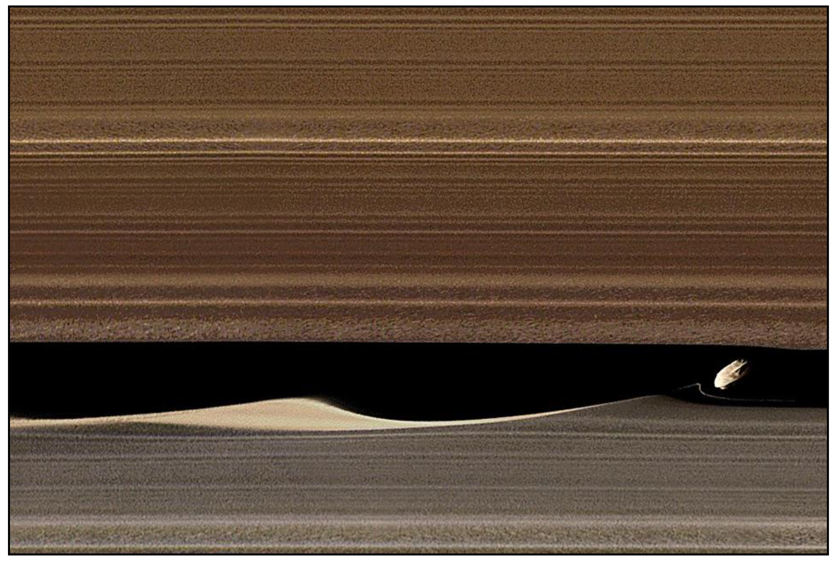
En el anillo F (considerado uno de los anillos más activos y caóticos del Sistema Solar) se descubrieron chorros de polvo que aparecían y desaparecían, generados por lunas incrustadas y perturbadas por objetos con órbitas lo suficientemente excéntricas como para sumergirse a través del anillo, Cassini observó que los canales se abrían y cerraban en el anillo F en respuesta a los acercamientos periódicos de la diminuta luna Prometeo.

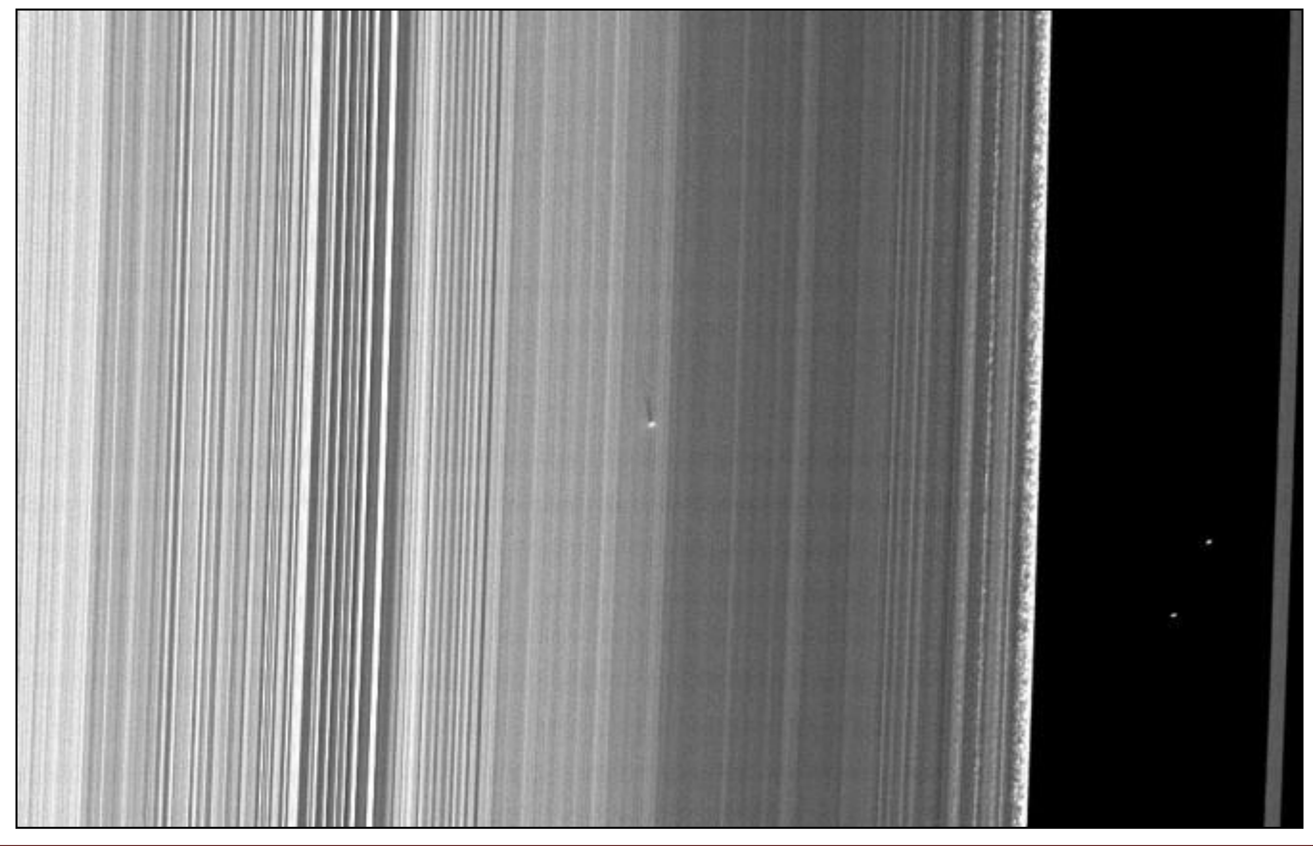


Una vez cada medio año de Saturno, el plano de los anillos se alinea con el centro del Sol y, durante un breve período de tiempo, los lados N y S de los anillos prácticamente no reciben luz solar, durante el equinoccio de agosto de 2009 (cuando el Sol estaba de canto sobre los anillos) los objetos extendidos en vertical proyectaban sombras a través de los anillos, la nave observó y fotografió estas sombras que medían hasta 2,5 Km de largo, creadas por objetos más grandes que los 5 m de espesor vertical de los anillos, permitió determinar las alturas de las estructuras dentro de los anillos; se cree que el borde exterior del anillo B y la extensión vertical de las ondas del borde fue creada por la luna Daphne.

También se pudieron obtener ocultaciones estelares y de radio de los anillos a lo largo de la misión en una gran variedad de geometrías, la estructura horizontal, vertical y tamaños de partículas se revelaron en varias longitudes de onda, proporcionando un mapa detallado del sistema de anillos.

Se tomaron medidas tridimensionales de estructuras en los anillos llamadas estelas de autogravedad, grupos transitorios que se forman brevemente antes de ser destrozados por las mareas de Saturno y un tipo diferente de microestructura, que se comporta de la misma manera, pero que se debe a fuerzas viscosas, fueron observadas en las partes más densas de los anillos, las ocultaciones no pudieron sondear directamente las partes más densas del anillo B, por lo que su masa permaneció incierta, las mediciones de gravedad durante las órbitas en el final de misión mostraron que la masa total de los anillos era menor que todas las estimaciones anteriores, lo que sugiere una edad temprana para los anillos.



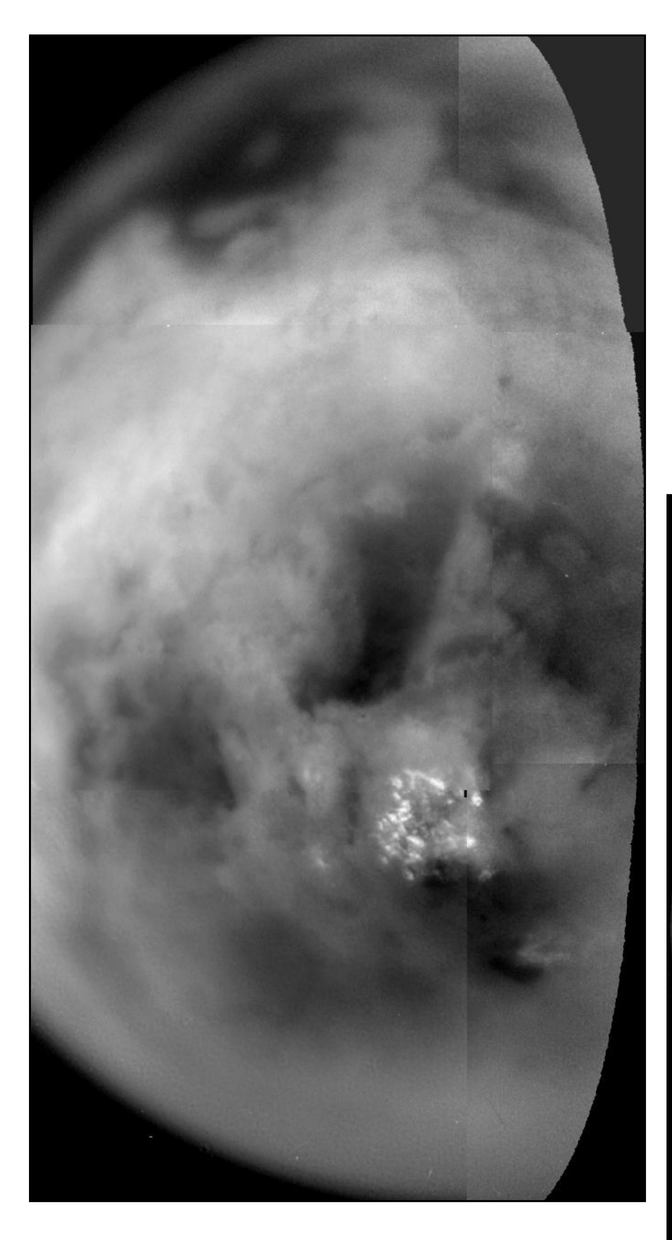


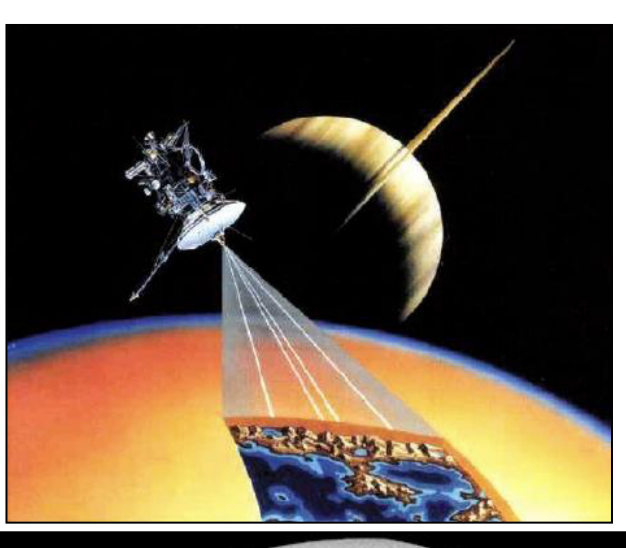


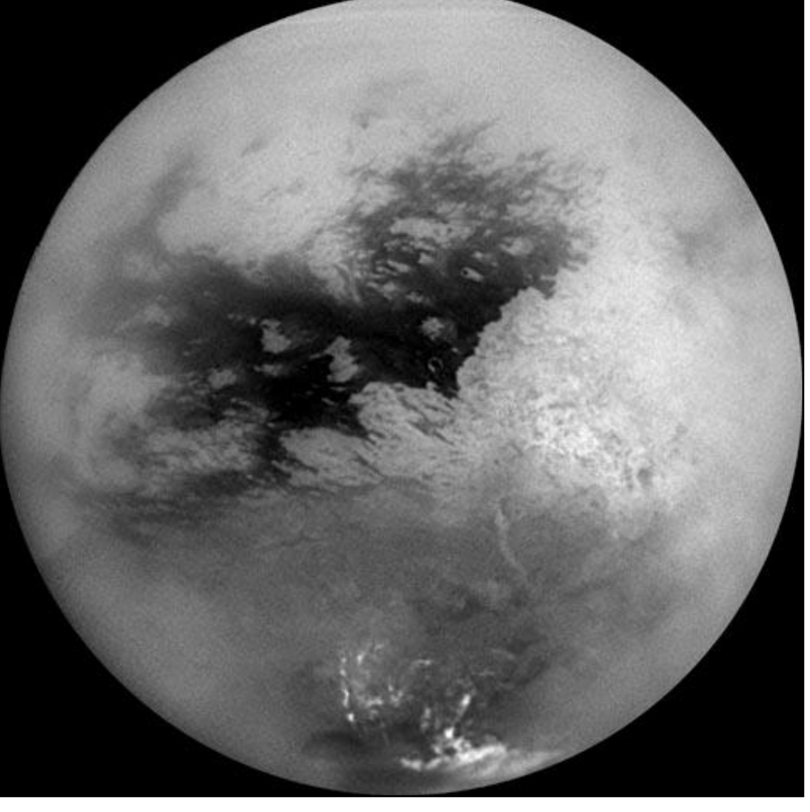
Titán

Cassini tuvo su primer sobrevuelo de la luna más grande de Saturno, Titán, el 2-07-2004, un día después de la inserción en la órbita, cuando se acercó a 339000 Km de Titán, las imágenes tomadas a través de filtros especiales (capaces de ver a través de la neblina global de la luna) mostraron nubes del Polo S que se cree están compuestas de metano y características de la superficie con brillos muy diferentes.

El 27-10-2004, la nave espacial ejecutó el primero de los 45 sobrevuelos cercanos planificados de Titán, cuando pasó a 1200 Km sobre la luna, casi 4 Gb de datos se recopilaron y transmitieron a la Tierra, incluidas las primeras imágenes de radar de la superficie envuelta en neblina, revelando que la superficie (el área cubierta por el radar) estaba relativamente nivelada, con una topografía que no alcanzaba más de 50 m de altitud, y los lagos de metano eran similares a los lagos terrestres.

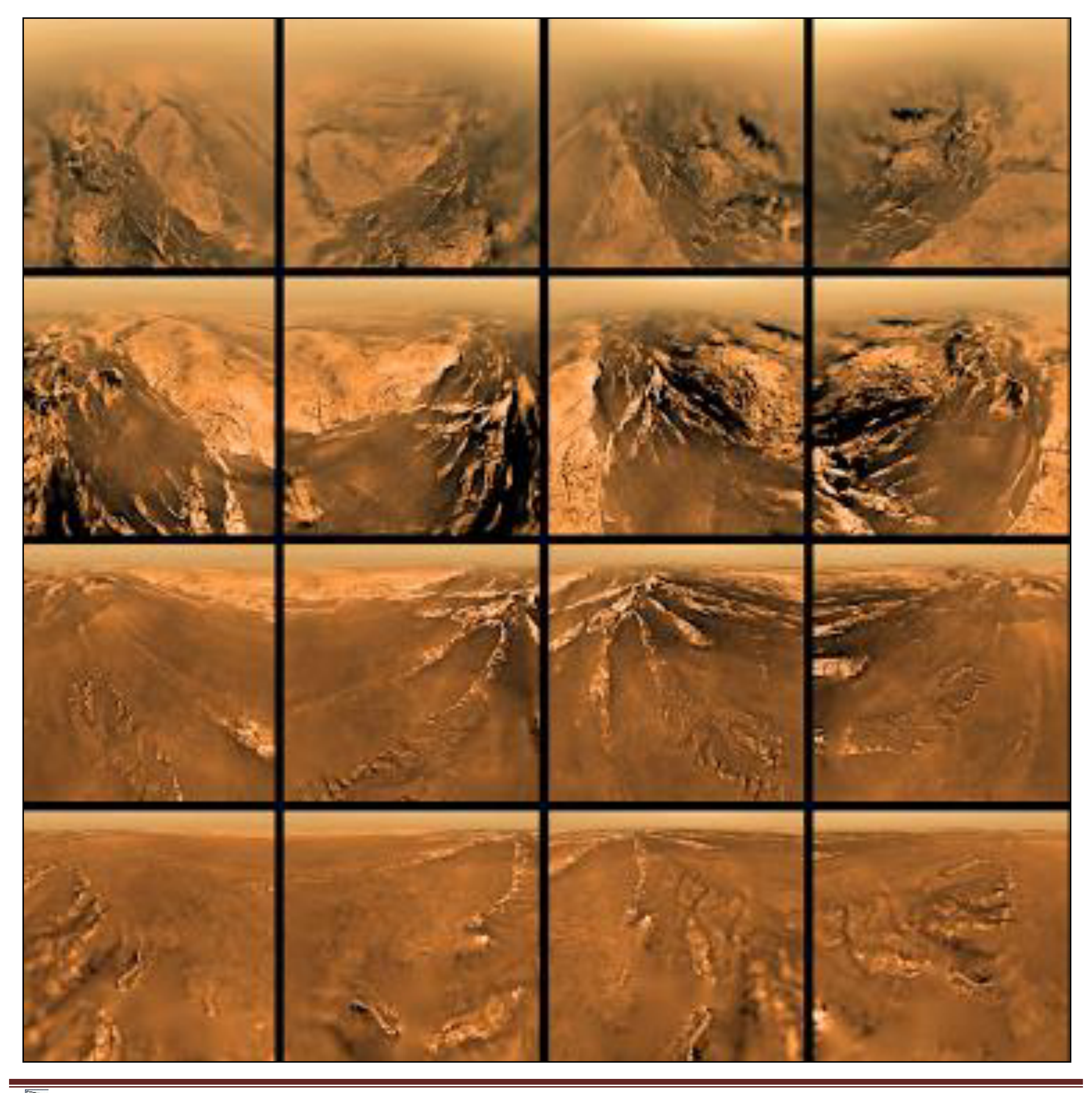


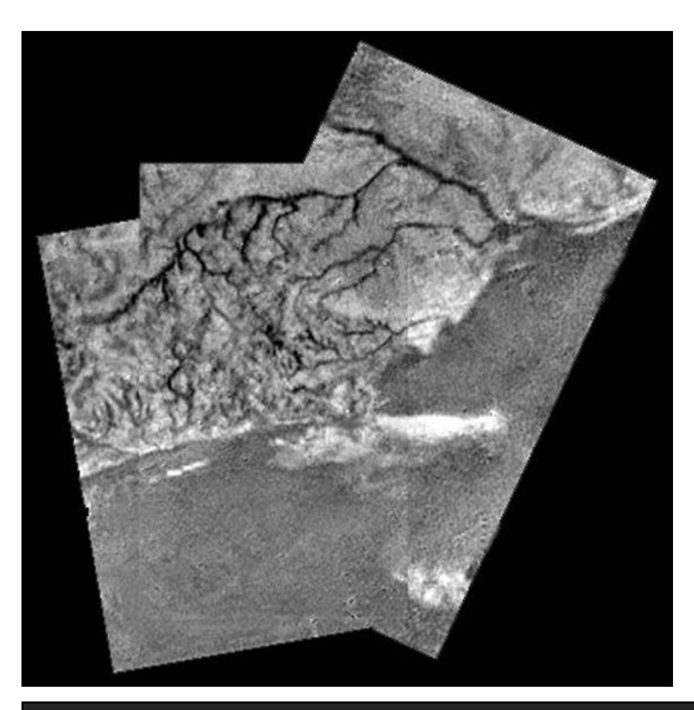




Sonda Huygens aterriza en Titán

La nave Cassini lanza la sonda Huygens el 25-12-2004, mediante un resorte y rieles en espiral destinados a rotar la sonda para una mayor estabilidad; entra en la atmósfera de Titán el 14-01-2005 y después de un descenso de 2:30 hrs aterriza en la superficie tomando una única fotografía; Cassini transmite con éxito 350 de las imágenes que recibió de la sonda Huygens durante su descenso y aterrizaje; un error de software no logró encender uno de los receptores de la nave, lo que provocó la pérdida de 350 imágenes. Sin embargo las fotos enviadas mostraban un paisaje de características similares a la Tierra, con ríos, lagos, dunas, costas y tormentas de viento.







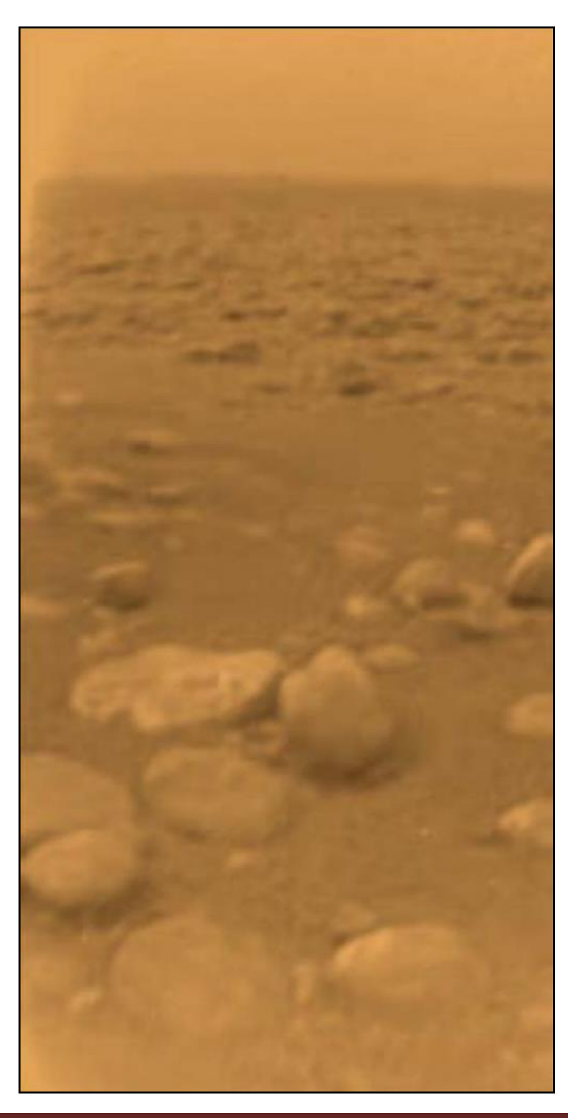
Resultados

El lugar de aterrizaje de la sonda Huygens fue bautizado Hubert Curien Memorial Station en memoria de Hubert Curien (primer presidente de la Agencia Espacial Europea) se hallaba en una región conocida como Adiri, visible desde la sonda Cassini como una zona oscura, análisis preliminares apuntaban a que dicho lugar era un océano líquido, aunque hoy se sabe que la sonda aterrizó en esa zona oscura y que en realidad es sólida, no existiendo tal océano.

Los instrumentos revelaron una nube densa o una niebla gruesa a 18-20 Km de la superficie, probablemente es el fondo del metano que está sobre la superficie, las fotografías revelaron un terreno esponjoso, la sonda también captó sonidos durante más de 2:30 hrs en el satélite.

Por sus fotografías durante el descenso se pudo apreciar que el metano erosiona el paisaje como en la Tierra y luego se filtra, la superficie sólida de Titán es naranja, esponjosa, muy fría y con algunas rocas dispersas sobre ella, la superficie misma parece consistir en un material arcilloso junto a rocas de hielo; pudo haber algo parecido a actividad volcánica en el pasado, solo que en lugar de lava las erupciones habrían sido de hielo y amoníaco.

Titán posee vientos que van en la dirección en la que rota el satélite, encontrándose en la superficie a velocidades de entre 60 y 100 Km/h, tiene una temperatura de -180 °C y actividad geológica interna.

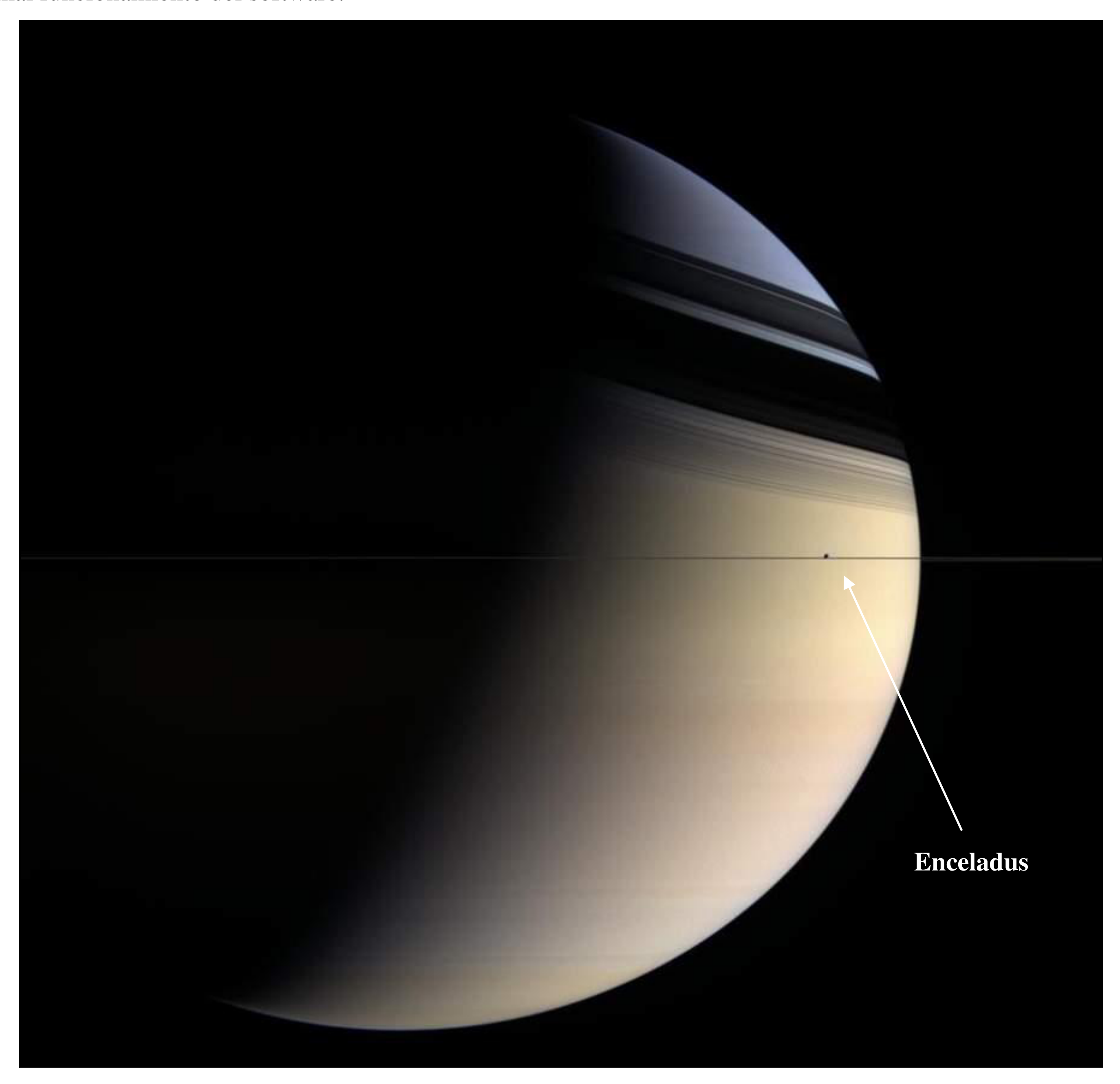




Enceladus

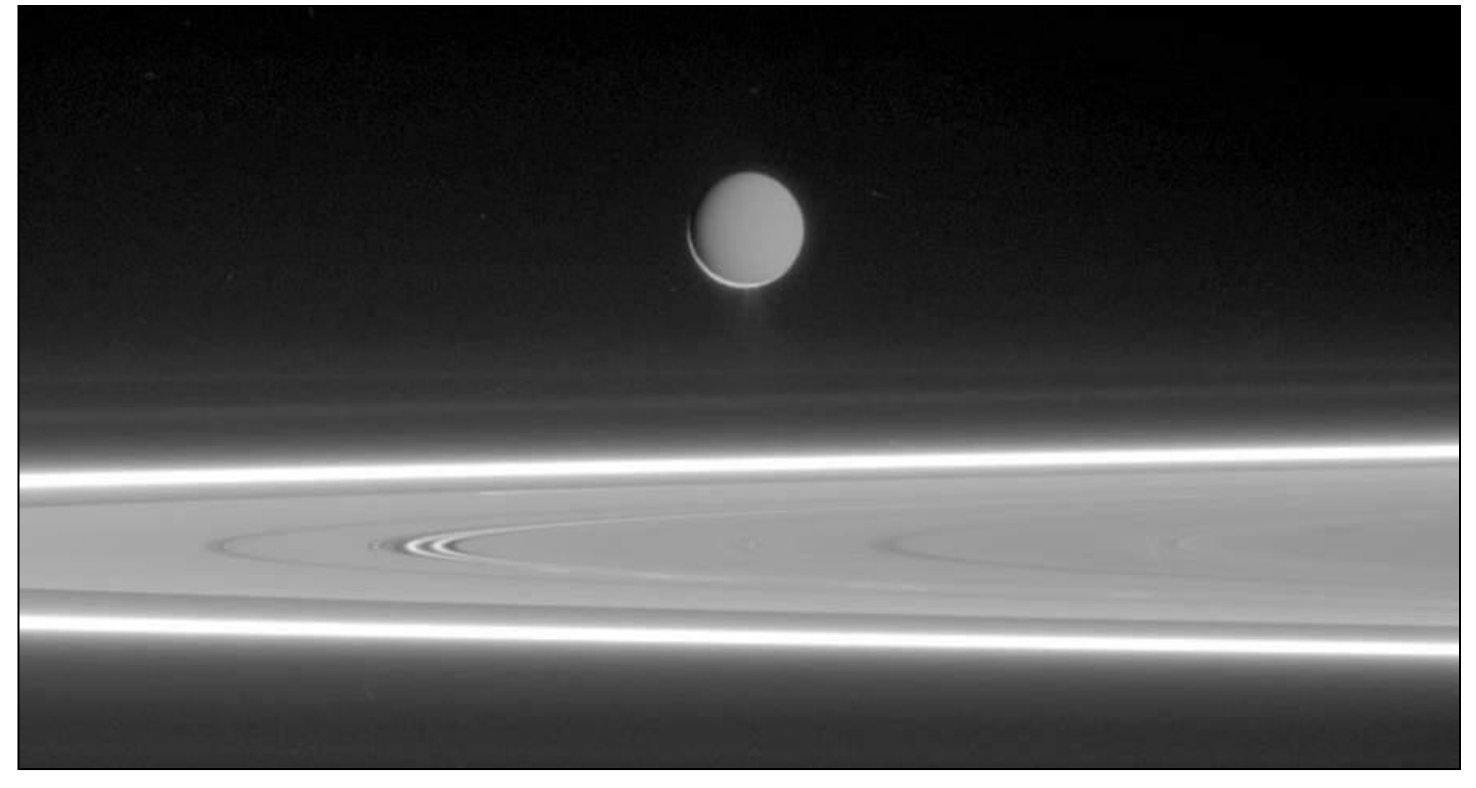
Durante los dos primeros sobrevuelos cercanos a Enceladus en 2005, Cassini descubrió una desviación en el campo magnético local que es característica de la existencia de una atmósfera delgada pero significativa, otras mediciones obtenidas en ese momento apuntaron al vapor de H_2O ionizado como su componente principal, también observó géiseres de hielo de H_2O en erupción desde el Polo S de Enceladus, lo que da más credibilidad a la idea de que la luna está suministrando partículas al anillo E de Saturno.

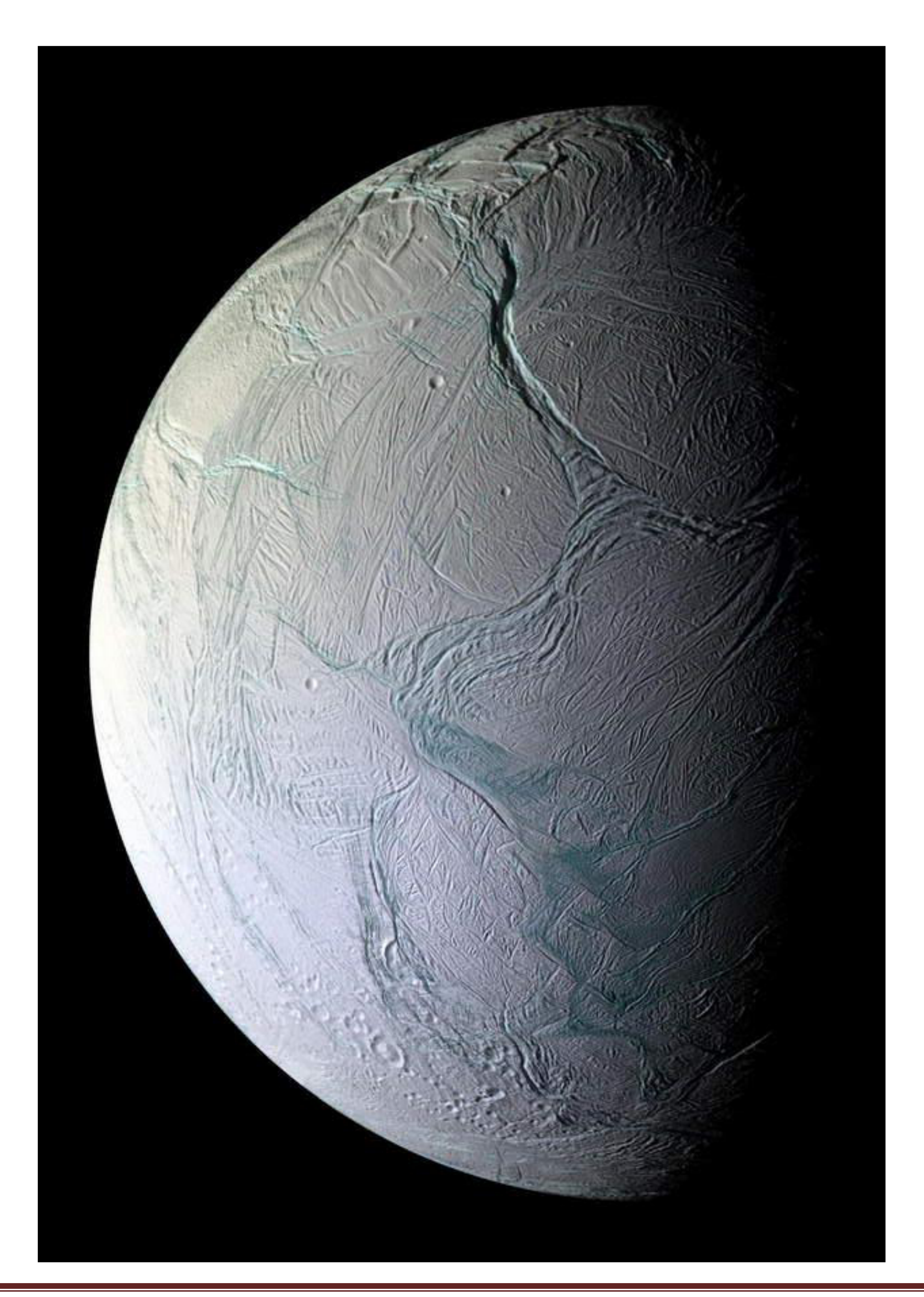
El 12-03-2008, Cassini sobrevuela a 50 Km de la superficie y pasó a través de las columnas que se extienden desde sus géiseres del S, detectando con su espectrómetro de masas H_2O, dióxido de Carbono y varios hidrocarburos, mapeó las características de la superficie con el espectrómetro IR, descubriendo que están a una temperatura mucho más alta que su entorno, no pudo recopilar datos con el analizador de polvo cósmico debido a un mal funcionamiento del software.



El 21-11-2009, la nave hace su octavo sobrevuelo de Enceladus acercándose a 1600 Km de la superficie, el instrumento CIRS produce un mapa de las emisiones térmicas de las denominadas franjas de tigre, los datos enviados ayudan a crear una imagen en mosaico detallada y de alta resolución de la parte S del hemisferio que mira a Saturno, el 3-04-2014, la NASA reporta la evidencia de un gran océano interno salado de H_2O en estado líquido (la presencia de un océano salado interno en contacto con el núcleo rocoso de la luna, coloca a Enceladus entre los lugares más probables del Sistema Solar para albergar vida microbiana extraterrestre) en 2015, la NASA anuncia que los datos gravitacionales y de imágenes de Cassini que se utilizaron para analizar las libraciones de la órbita de Enceladus, determinaron que la superficie de la luna no está unida rígidamente a su núcleo, concluyendo que el océano subterráneo debe ser global en extensión; el 28-10-2015, la nave realiza un sobrevuelo cercano sobre el Polo S volviendo a pasar a través de la columnas de hielo.



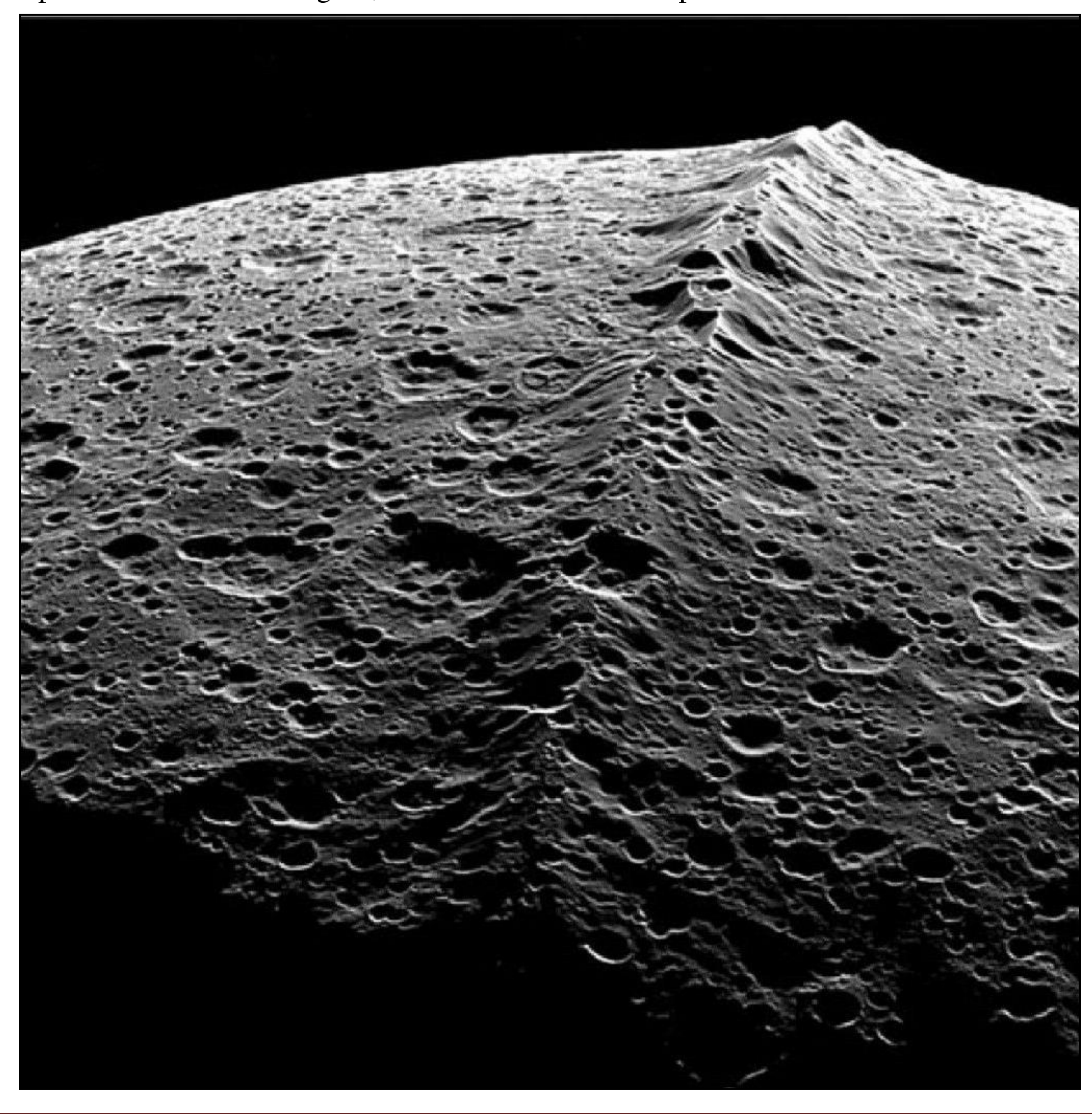


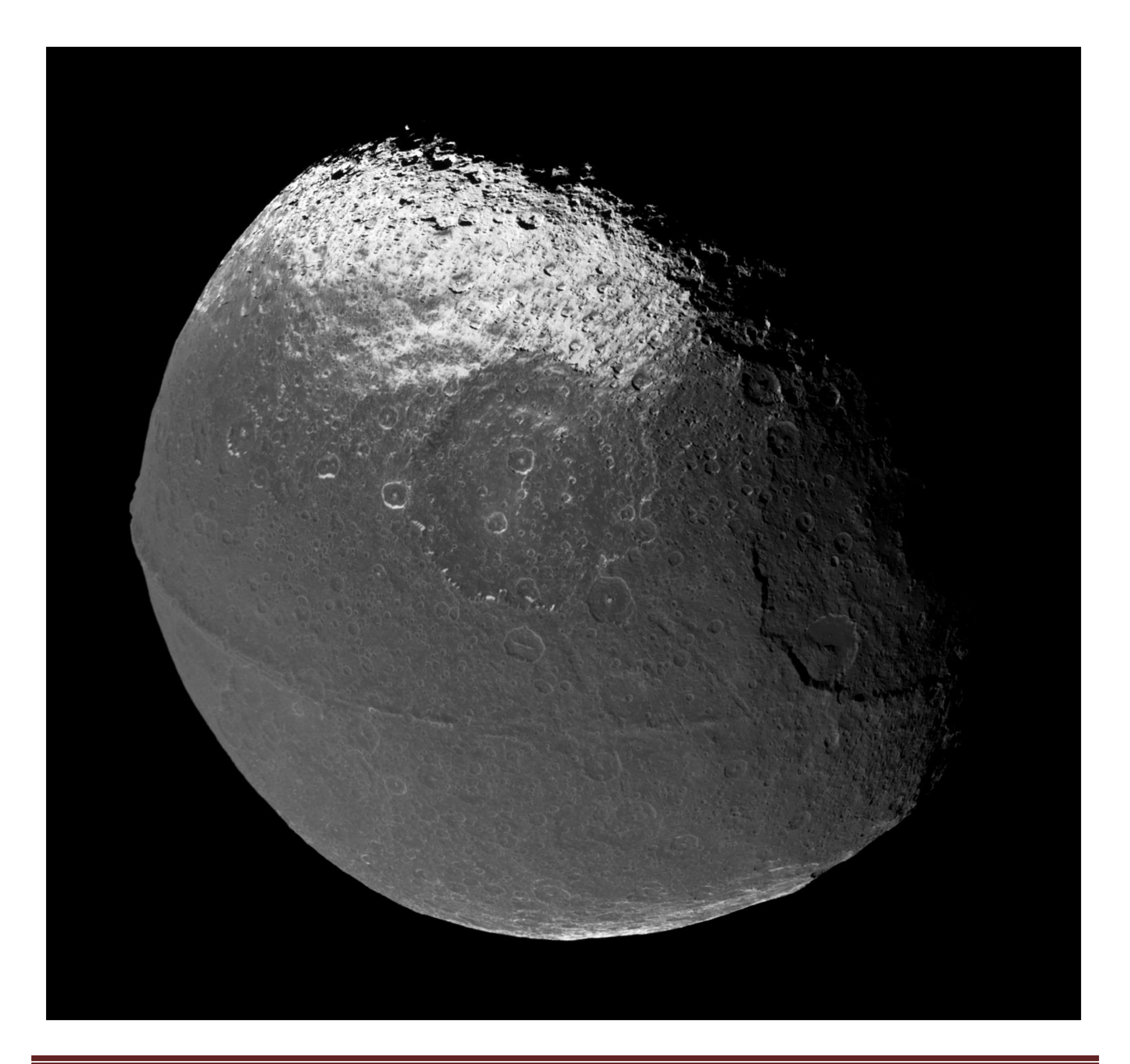


Iapetus

Un hemisferio de Iapetus es muy oscuro, mientras que el otro es muy brillante, esta dicotomía luz-oscuridad no se conocía antes de la llegada de la nave Cassini al sistema de Saturno, observaciones del Telescopio Espacial Spitzer demostraron que existe un anillo muy tenue en la órbita de Phoebe, probablemente debido al polvo expulsado de la luna por pequeños impactos de meteoritos, este polvo es arrastrado por Iapetus mientras orbita Saturno.

El lado más oscuro está centrado en la dirección del movimiento del satélite, pequeños cráteres de impacto en el lado oscuro atraviesan el material brillante que se encuentra debajo, sugiriendo que el material oscuro superficial tiene solo unos pocos metros de espesor, las imágenes de la nave Cassini mostraron una cresta de 20 Km de altura que rodea la mayor parte del ecuador, esta se divide en montañas en algunas de las regiones oscuras; al estar muy erosionada y llena de cráteres, se estima que debe haberse formado en la época histórica temprana de la luna, la superficie es principalmente hielo de H_2O con pequeñas cantidades de dióxido de Carbono, Carbono y moléculas orgánicas complejas; el 10-09-2007, la nave Cassini completa el sobrevuelo de Iapetus, tomando imágenes a una altura de 1600 Km, mientras enviaba las imágenes hacia la Tierra, fue golpeada por un rayo cósmico que la obligó a ingresar temporalmente en modo seguro, afortunadamente se recuperaron todos los datos del sobrevuelo.



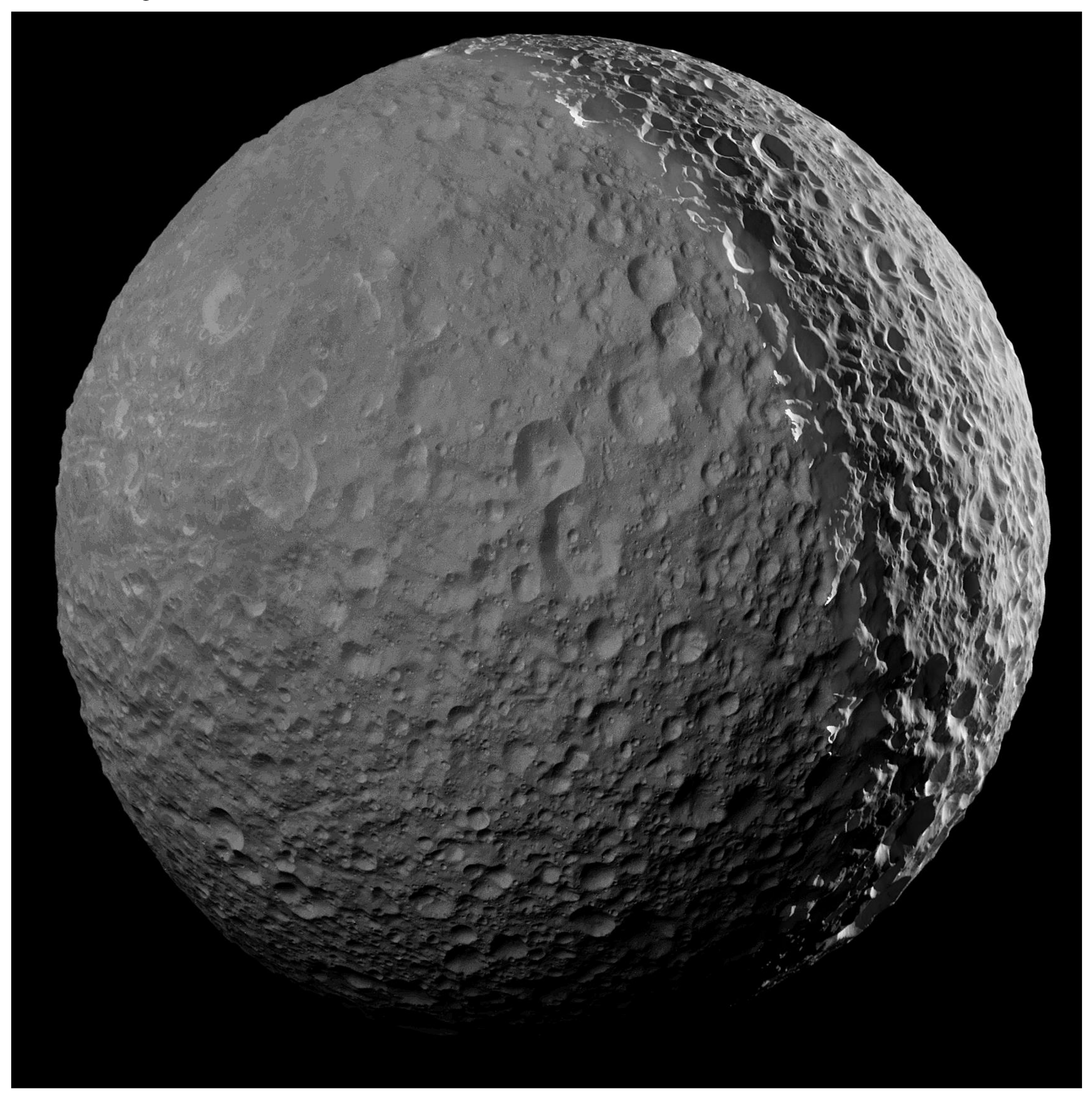


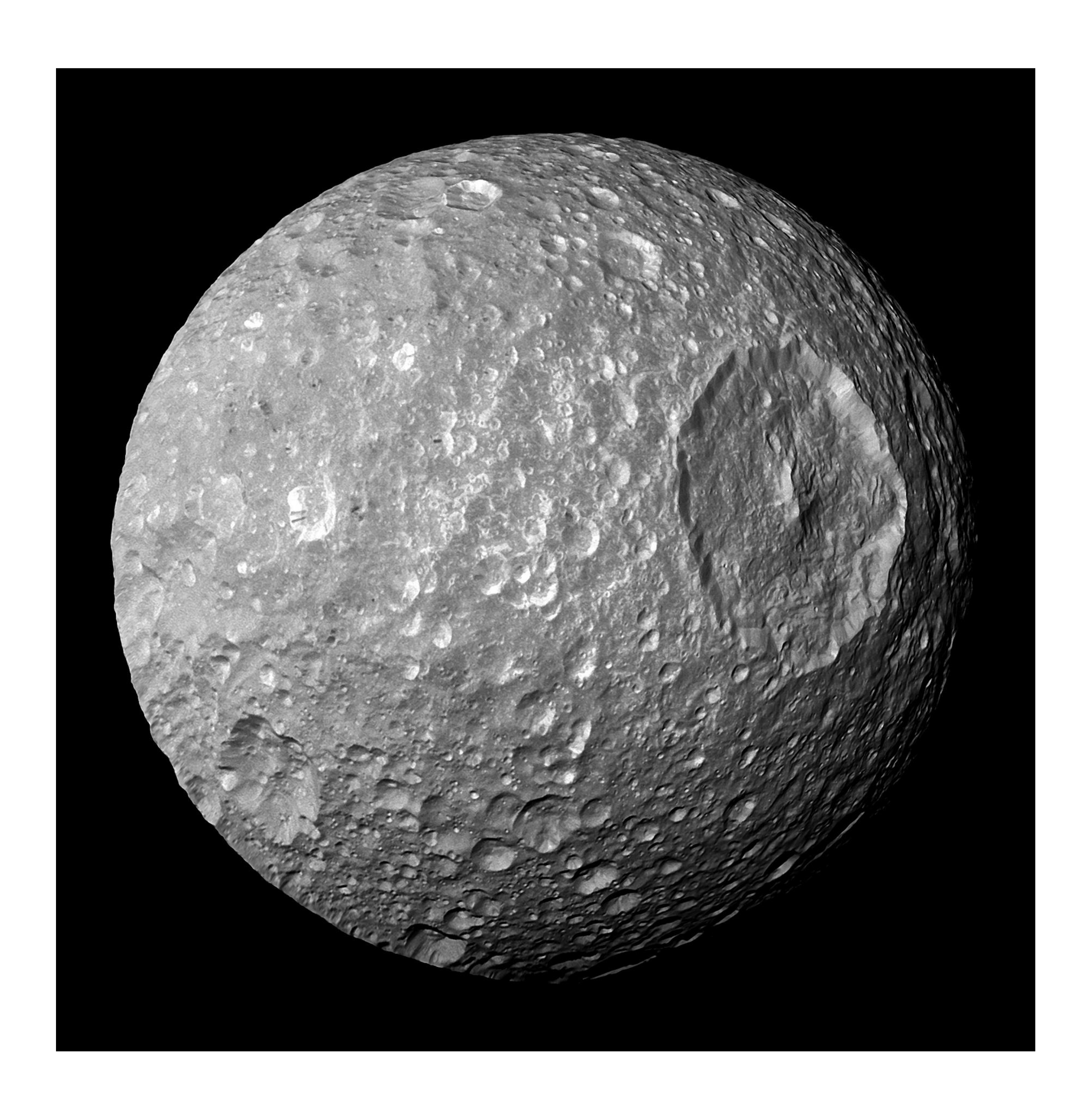


Mimas

Mimas es la más interna y más pequeña de las lunas de tamaño intermedio, con un diámetro de 394 Km, durante un sobrevuelo en febrero de 2010, el espectrómetro IR descubre que el hemisferio que mira hacia Saturno posee una temperatura de 258 °C más frío que el lado posterior, esta anomalía térmica es el resultado de la diferente inercia térmica entre ambos hemisferios de Mimas, la superficie que ve a Saturno se ve alterada por el bombardeo de electrones de alta energía, aumentando el contacto entre los granos de regolito, disminuyendo su porosidad y aumentando la inercia térmica.

Su alta reflectividad sugiere la hipótesis de que el hemisferio que mira en dirección opuesta a la dirección del movimiento debe estar recubierto preferentemente por partículas del anillo E, el hielo de H_2O es el principal compuesto detectado en su superficie y su apariencia craterizada demuestra tener poca actividad geológica, la característica más grande de esta luna es el cráter Herschel de 130 Km de diámetro.







Hyperión

Esta luna es uno de los cuerpos con forma irregular más grandes del sistema solar, su mayor cráter tiene aproximadamente 120 Km de diámetro y 10 Km de profundidad, una posible explicación de su forma irregular es que es un fragmento de un satélite más grande que fue parcialmente destruido por un gran impacto, evento que se ha relacionado con el oscurecimiento parcial de Iapetus, la baja densidad de Hiperión indica que está compuesto en su mayoría de H_2O congelada, con una pequeña fracción de roca, se cree que puede estar compuesto de una débil asociación gravitatoria de pedazos de rocas, lo cual sería evidencia de un pasado, su densidad es tan baja (0,5 g/cm³) que se cree que este cuerpo este lleno de porosidades y cavernas internas, cuando la nave espacial Cassini sobrevoló la luna en 2005, descubrió la presencia de hidratos de Carbono, en 2007, la sonda confirmó tanto la estructura porosa, como también la presencia de H_2O en forma de hielo, el 28-11-2010 la nave Cassini pasó a unos 75000 Km y realizó su último sobrevuelo el 31-05-2015, a una distancia de aproximadamente 34000 Km.

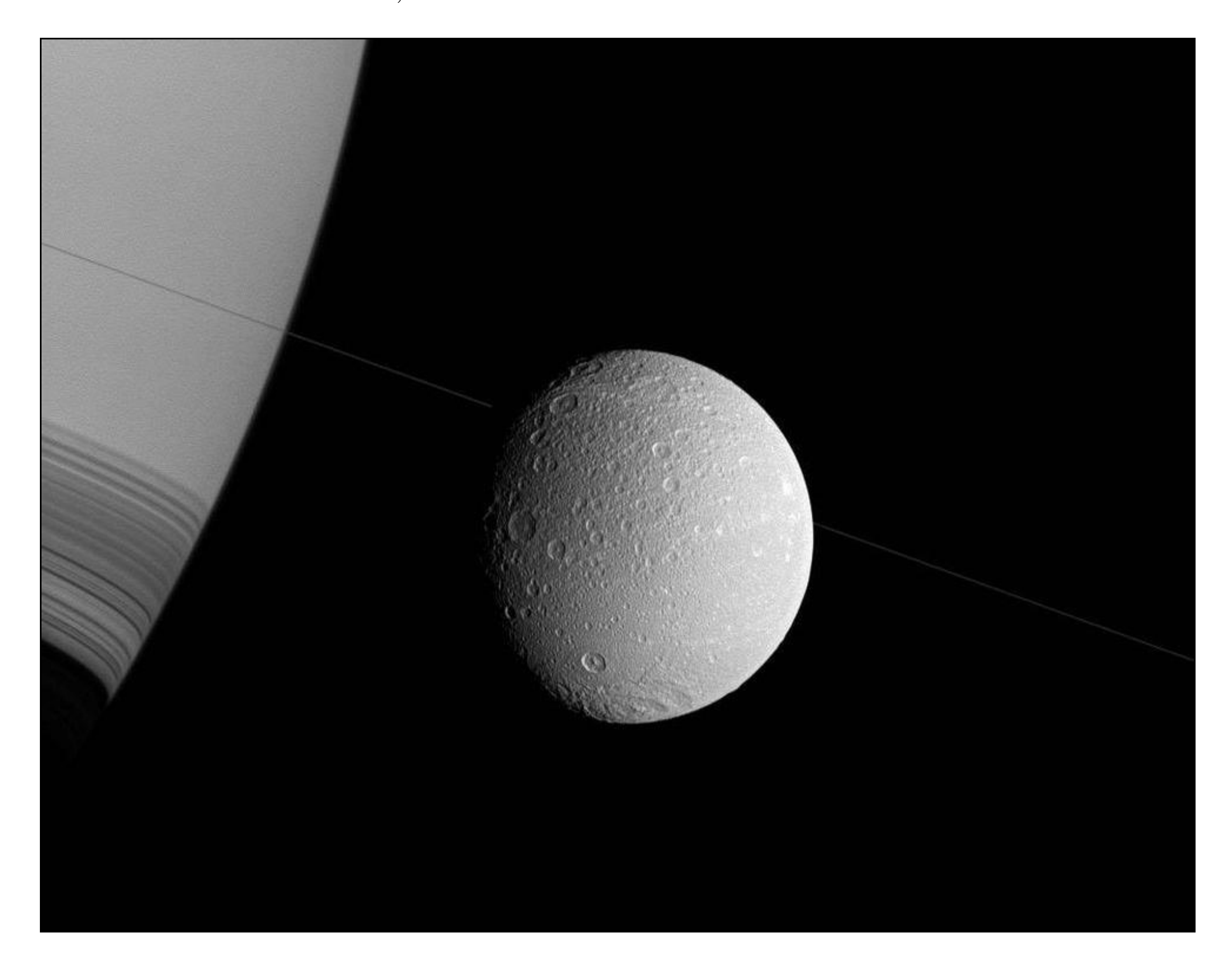


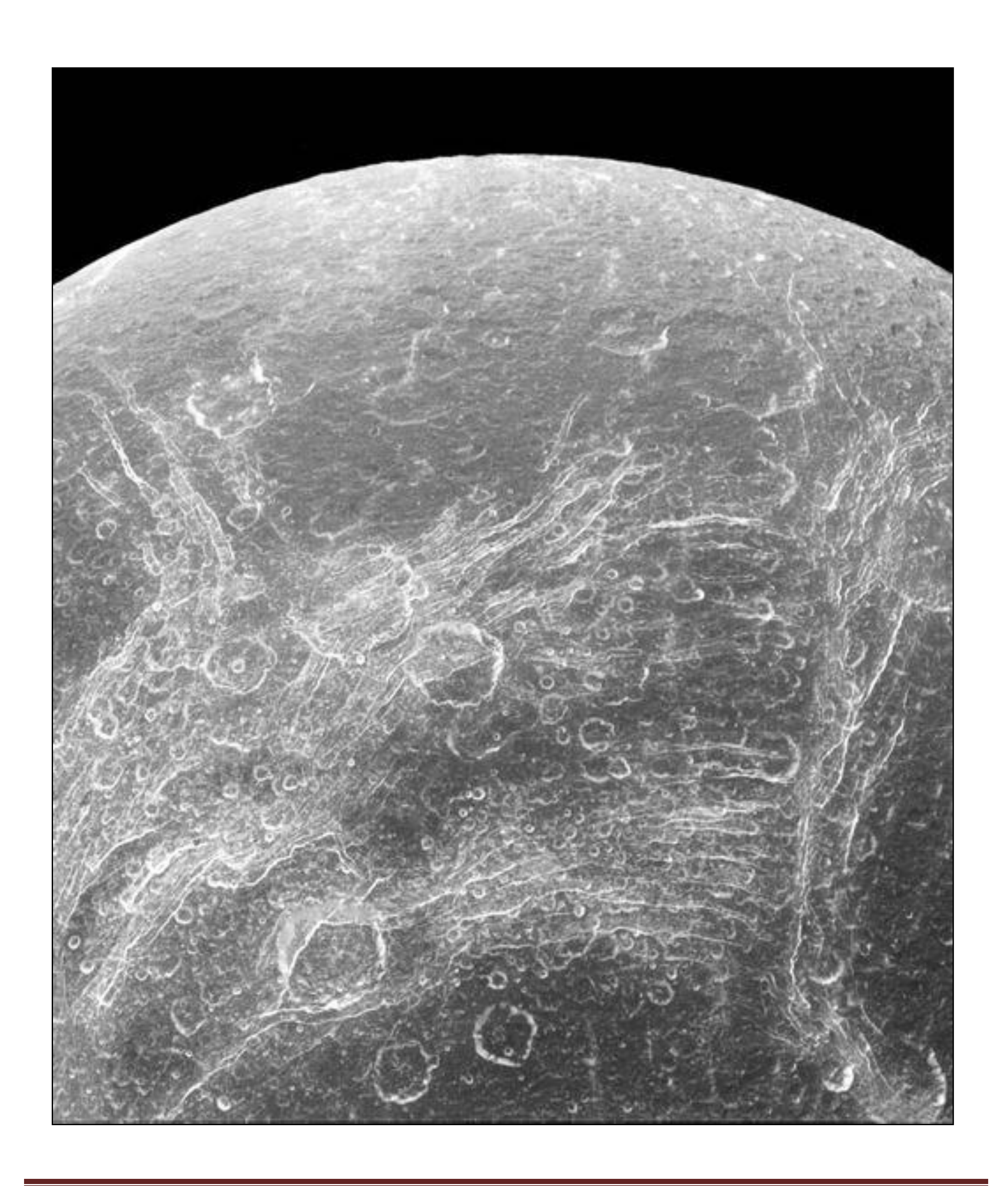


Dione

La superficie helada de Dione incluye regiones de alta y moderada craterización; llanos ligeramente craterizados; y áreas de fracturas tectónicas, las regiones altamente craterizadas tienen numerosos cráteres mayores de 100 Km de diámetro, el área de los llanos tiene cráteres menores de 30 Km de diámetro; el patrón de craterización y del albedo brillante de un hemisferio, sugiere que la luna ha permanecido en su orientación actual por varios miles de millones años, los cráteres de Dione carecen de las alturas características del relieve, como lo tienen la Luna y Mercurio, probablemente debido a la deformación de la débil corteza a través de escalas de tiempo geológico.

Cassini-Huygens descubrió que tanto Thetys cómo Dione expulsan chorros de partículas al espacio, indicando cierta actividad geológica presente, mediante imágenes topográficas generadas por estereografía, algunos equipos de la NASA sospechan que ciertos plegamientos a través de una prominente cresta de entre 1 y 2 Km de altura en uno de sus hemisferios solo serían posibles si hubiera un océano subsuperficial, la corteza de Dione parece arrugarse bajo la montaña, lo que sugiere que la corteza helada era cálida cuando se formó la cresta, la mejor manera de conseguir ese calor es que el satélite tenga un océano interno, Dione también se calienta por efecto de marea, ya que se acerca y se aleja de Saturno durante su órbita, la nave realizó un sobrevuelo el 16-06-2015 y su último sobrevuelo fue el 17-08-2015, a una distancia de 475 Km.

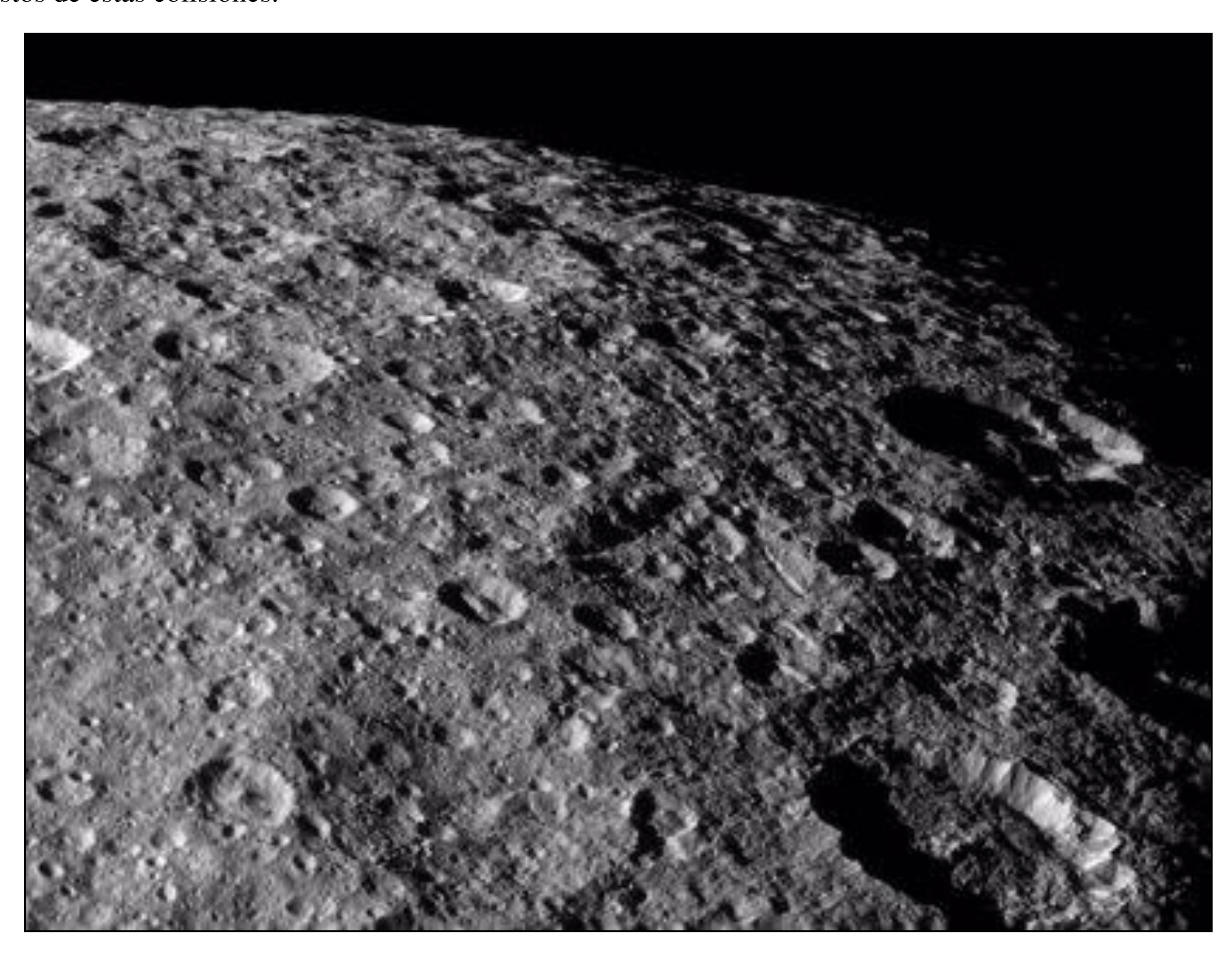


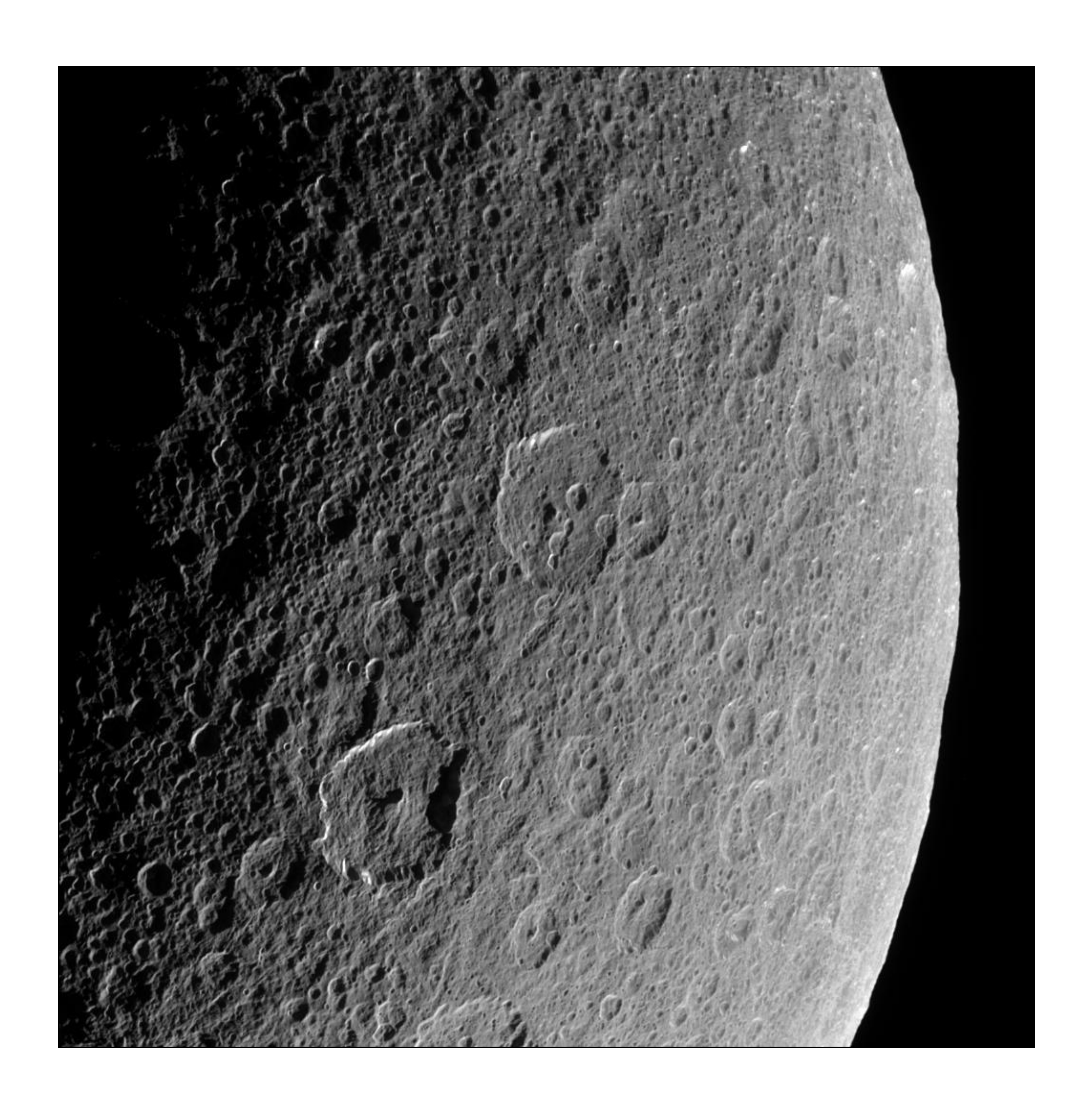


Rhea

La superficie de Rhea está altamente craterizada, y presenta marcas lineales, brillantes y difusas; con sistemas de fallas similares a las existentes en Dione, el análisis de los datos enviados por la nave Cassini descubrió una muy tenue atmósfera compuesta por Oxígeno y dióxido de Carbono, siendo el único cuerpo celeste además de la Tierra en el que se ha detectado Oxígeno atmosférico; en 2008 la NASA anunció que Rhea podría tener un sistema tenue de anillos, la existencia del anillo se dedujo por los cambios observados en el flujo de electrones atrapados por el campo magnético de Saturno cuando la nave pasó por las proximidades de la luna, el polvo se podría extender hasta la esfera de influencia gravitacional de Rhea, pero se esperaba que tuvieran más densidad en la zona mas próxima al satélite, la presencia del anillo se vio reforzada por el descubrimiento posterior de un conjunto de pequeñas manchas, brillantes en el UV, distribuidas a lo largo del ecuador de la luna e interpretadas como lugares de impacto de materiales procedentes del anillo, cuando la nave Cassini hizo observaciones en el supuesto plano del anillo desde diferentes ángulos, no encontró pruebas de su existencia, conduciendo a la necesidad de buscar otra explicación para las primeras observaciones, el 10-02-2015, la nave Cassini sobrevoló Rhea a una distancia de 47000 Km.

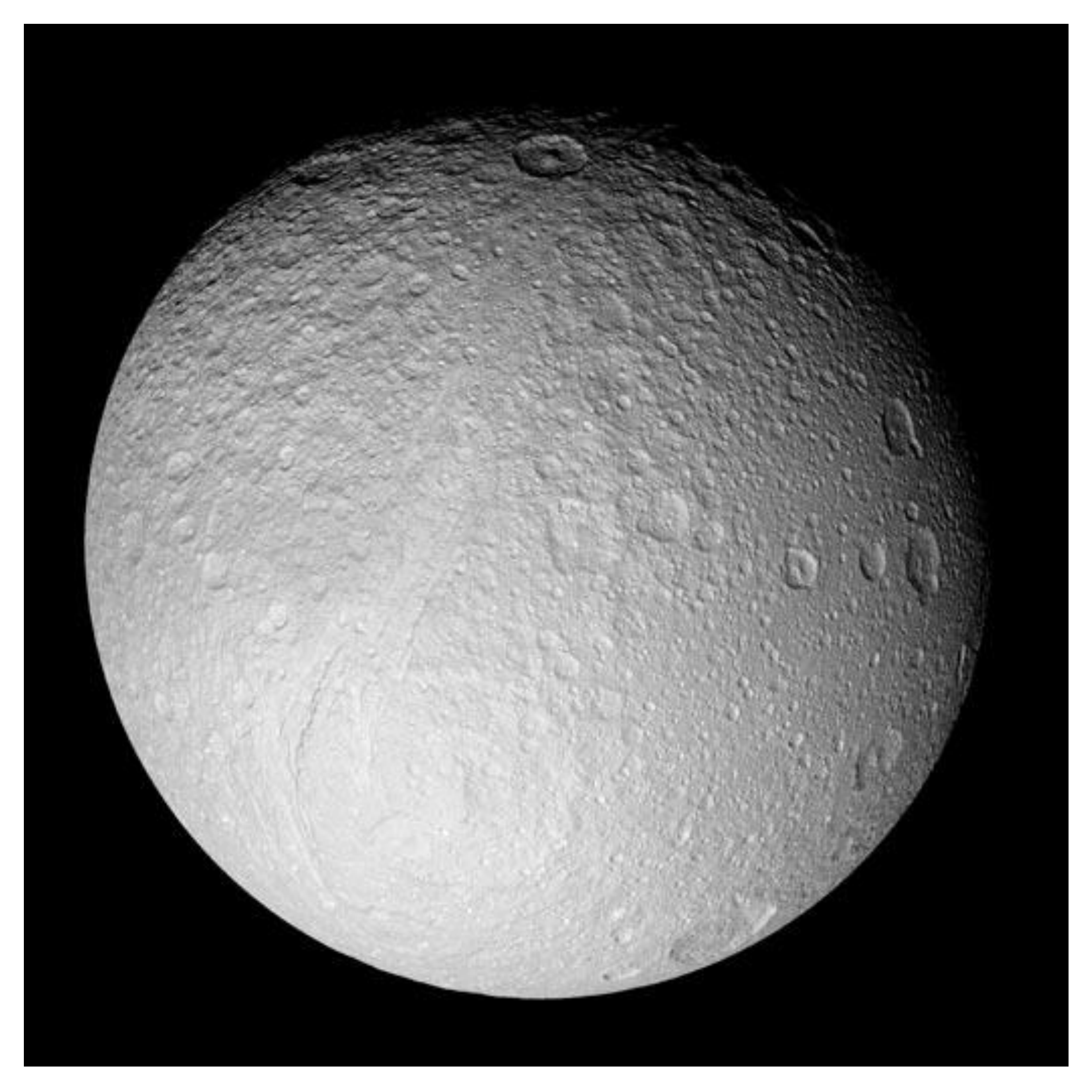
Se cree que los satélites de Saturno se formaron mediante un proceso de acreción similar al que se piensa, formó a los planetas del Sistema Solar, Saturno estaba rodeado por un disco de acreción que gradualmente se fusionó en distintos satélites, en 2012 se propuso que Titán se había formado tras la sucesión de grandes impactos entre satélites preexistentes, en este modelo, Rhea, Iapetus y los demás satélites mayores se habrían formado a partir de los restos de estas colisiones.

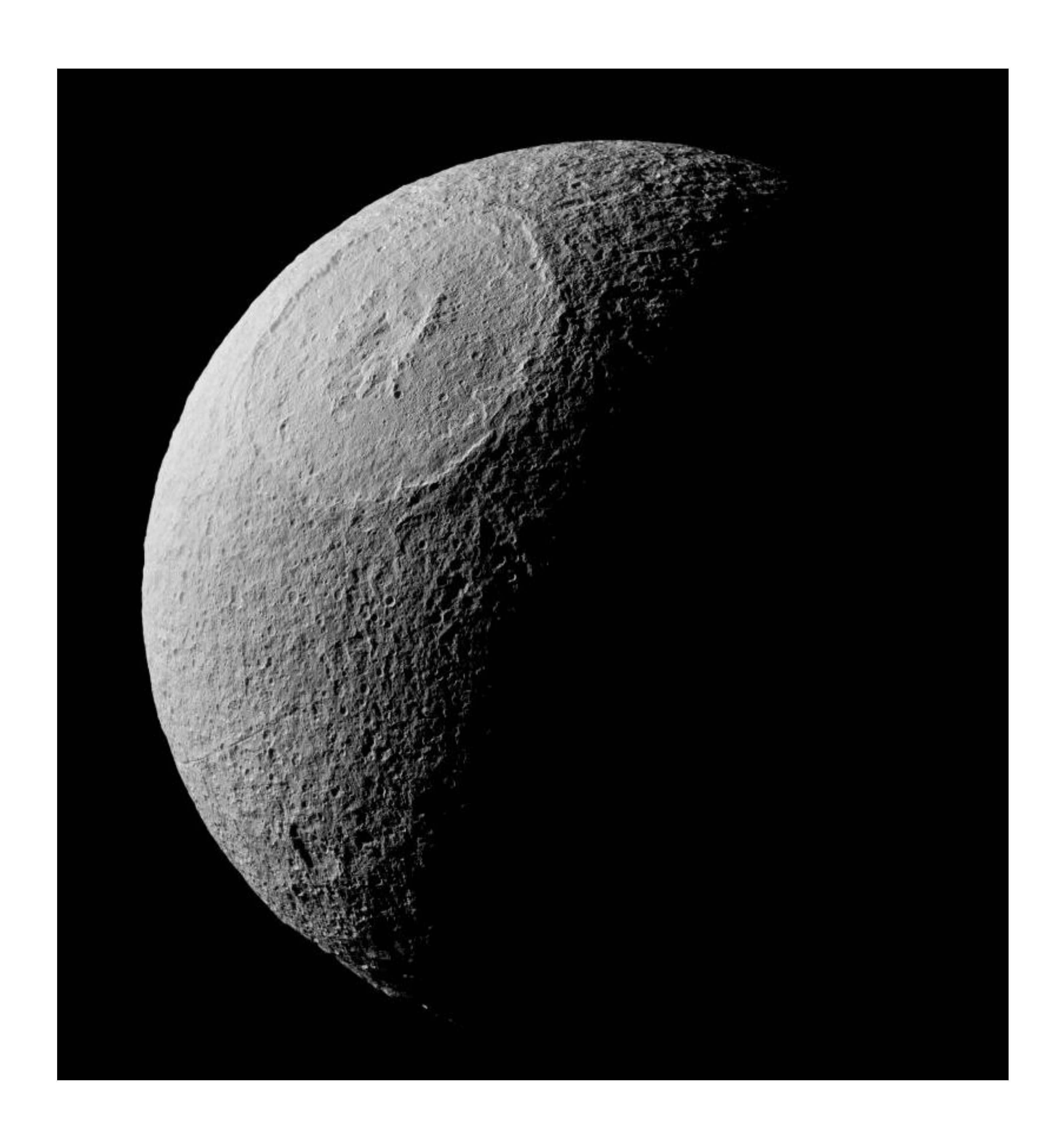




Tethys

La característica visualmente más llamativa en Tethys y que se encuentra en su hemisferio principal, es el cráter Odysseus, de 450 Km de ancho, con su anillo de escarpados acantilados y las montañas que se elevan en su centro, también el satélite es atravesado por una grieta gigante (Ithaca Chasma) gran parte de la topografía incluida la de Ithaca Chasma, tiene una apariencia suave y apagada, mostrándose ser muy antigua y fuertemente bombardeada por impactos a lo largo del tiempo, muchos de los cráteres de apariencia reciente exhiben pisos inusualmente brillantes, se desconoce el origen del contraste de brillo aparente (o albedo) es posible que los impactos atraviesen una capa más brillante debajo, o tal vez sea más brillante debido a los diferentes tamaños de grano o texturas del material del piso en comparación con el material a lo largo de las paredes del cráter y la superficie circundante, la nave sobrevoló Tethys a distancias de entre 62400 y 71000 Km.





Nuevas lunas de Saturno

En total, la misión Cassini descubrió siete lunas nuevas, Methone, Pallene y Polydeuces en 2004, aunque análisis posteriores revelaron que la sonda Voyager 2 la había fotografiado en su sobrevuelo de 1981, el 1-05-2005, la nave descubre una nueva luna, que se le da la designación S/2005 S1, luego nombrada Daphne, otra luna fue descubierta el 30-05-2007, designada como S/2007 S4 (hoy Anthe), en 2009 Cassini descubre una sexta nueva luna de aproximadamente 500 m de diámetro, encontrada dentro del anillo G designada S/2008 S1 (hoy Aegaeon) y el 26-06-2009 la nave descubre en el sistema del anillo B la séptima nueva luna, de aproximadamente 300 m de diámetro, designada S/2009 S1, el 14-04-2014, los científicos de la NASA informan del posible nacimiento de otra luna nueva en el Anillo A.

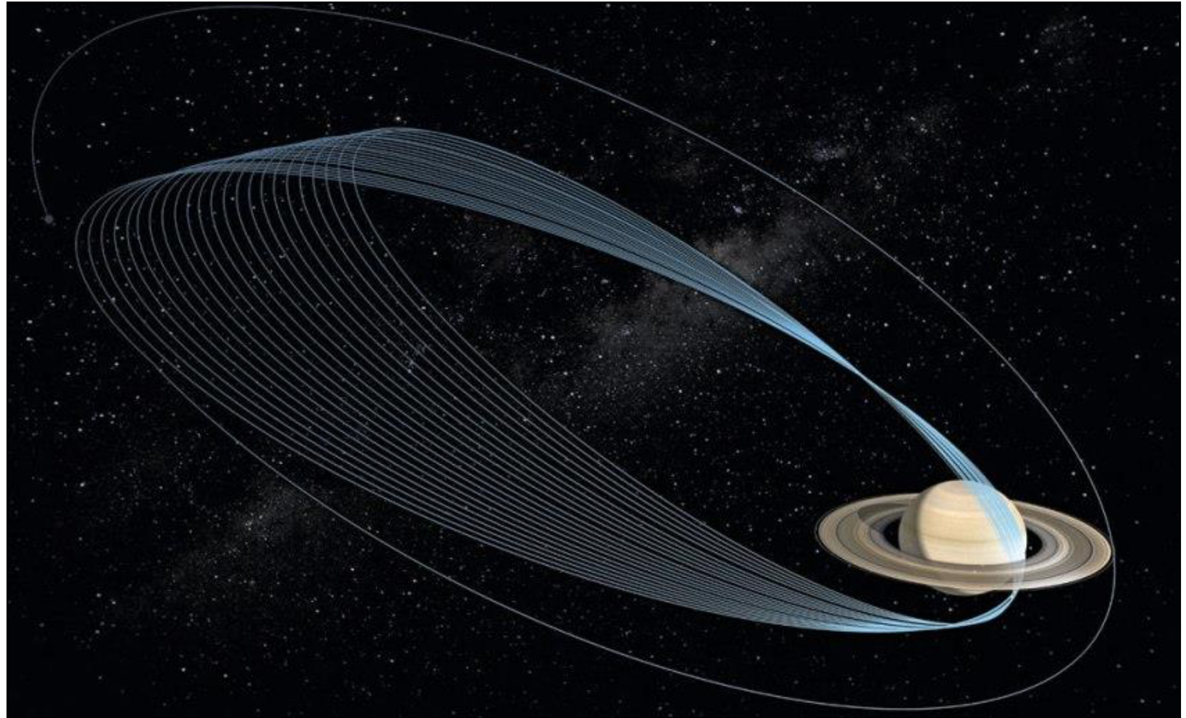


Misión Grand Finale

La Misión Grand Finale era completamente diferente de la misión regular principal, en 2008, se evaluaron varias opciones para lograr este objetivo, entre las que estaba un impacto en Saturno o una colisión en alguna luna, cada opción presentaba diferentes desafíos financieros, científicos y técnicos, un impacto de Saturno por un período corto para el final de la misión se calificó como la mas adecuada.

El 29-11-2016, la nave realiza un sobrevuelo de Titán que lo lleva a las cercanías de la órbita del anillo F: este fue el comienzo de la fase de Gran Final que culminó con su impacto con el planeta, un último sobrevuelo de Titán el 22-04-2017, cambia la órbita nuevamente para volar a través de la brecha entre Saturno y su anillo interior días después, el 26-04-2017, la nave pasó a unos 3100 Km sobre la capa de nubes de Saturno y a 320 Km del borde visible del anillo interior; tomó con éxito imágenes de la atmósfera de Saturno y comenzó a enviar datos al día siguiente, después de otras 22 órbitas a través de la brecha, la misión terminó con una inmersión en la atmósfera del planeta 15-09-2017, la señal se perdió el 15-09-2017 y se estima que la nave espacial se quemó unos 45 seg. después de la última transmisión, el sobrevuelo final de los anillos y el planeta permitió a los científicos medir la duración de un día en Saturno: 10 hrs, 33 min, 38 seg.







Noticias

Contenidos astronómicos educativos

Debido a la pandemia mundial de COVID-19, la Sociedad Lunar Argentina (SLA) se ve imposibilitada de hacer observaciones públicas, como también charlas de manera presencial como se hicieron en el año 2019, por ese motivo creó un espacio de contenidos educativos audiovisuales relacionados a estudios lunares, cometas, Sistema Solar, astronáutica, medioambiente, entre otros, en un ciclo de charlas virtuales denominado "Astronomía en Cuarentena" a continuación los enlaces de los mismos para que los puedan disfrutar.

Ciclo "Astronomía en Cuarentena"

Luna

Paseo por la Luna Creciente https://www.youtube.com/watch?v=TNfw6CUSNBc

Observación lunar en directo https://www.youtube.com/watch?v=g71m43tjmKg

Fenómenos lunares transitorios https://www.youtube.com/watch?v=yPMU1OFPd8w

Telescopios

El telescopio, origen y construcción https://www.youtube.com/watch?v=o1iDofcNs6Y

Cometas

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=NPr_xj2a3oY

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=xihQ0ZWJ17w

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 3) https://www.youtube.com/watch?v=bNENP7xArkM

Aporte científico de la observación visual (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=WFys0yXaJ18

Aporte científico de la observación visual (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=ide1qWEn1Lg

Técnicas observacionales de cometas (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=9ZdF6RGgSuw

Técnicas observacionales de cometas (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=HXqiq-hHHlE

Medioambiente

Los efectos del cambio climático https://www.youtube.com/watch?v=ItyIWTPCPi8

Sistema Solar

Meteorología planetaria https://www.youtube.com/watch?v=pg7rMyoQtf8

Astronáutica

Argentina en el espacio… vía satélite - Nuevos programas tripulados de la NASA y privados

https://www.youtube.com/watch?v=GXT5pMci8r0



Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en



Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), Fuerza Aérea Argentina

Blog Cometaria https://cometasentrerios.blogspot.com



Blog Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com/

Blog Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com/

Archivo Histórico de Revistas Argentinas www.ahira.com.ar



Turismo Sideral https://turismo-sideral.com.ar

Estación Vientos del Sur http://vientosdelsurestacion.blogspot.com/

<u>Fuentes de información y fotos vertidas en el contenido de esta publicación</u>

ESA Bulletin N° 94

European Space Agency (ESA)

National Aeronautics adn Space Administration (NASA)

NASA-JPL Photojounal

Space Science Institute

The Huygens Probe, ESA SP 1177, ESA


CAPSULA ESPACIAL REVISTA DIGITAL
CAPSULA ESPACIAL
capsula-espacial.blogspot.com